

CERTIFICATE OF HAND DELIVERY

I hereby certify that this correspondence is being hand filed with the United States Patent and Trademark Office in Washington, D.C. on June 30, 2003.


Geraldine Maddox

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In the application of:

Kei YAMAMOTO et al.

Serial No.: New Application

Filing Date: June 30, 2003

For: SEMICONDUCTOR LASER DEVICE
AND OPTICAL DISK UNIT USING
THE SAME

Examiner: Not Yet Assigned

Group Art Unit: Not Yet Assigned

SUBMISSION OF CERTIFIED FOREIGN PRIORITY DOCUMENTS

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

Under the provisions of 35 USC 119, Applicants hereby claim the benefit of the filing of Japanese patent application Nos. 2002-192387 filed July 1, 2002 and 2002-209795 filed July 18, 2002.

The certified priority documents are attached to perfect Applicant's claim for priority.

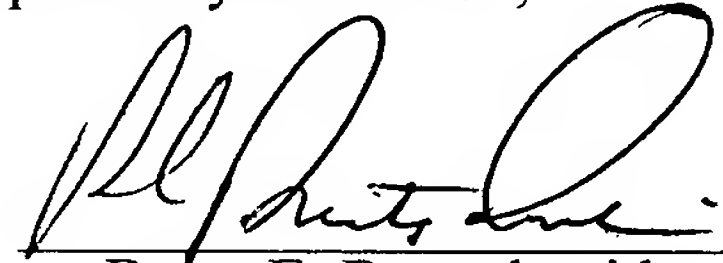
It is respectfully requested that the receipt of the certified copy attached hereto be acknowledged in this application.

In the event that the transmittal letter is separated from this document and the Patent and Trademark Office determines that an extension and/or other relief is required, applicants petition for any required relief including extensions of time and authorizes the Commissioner to charge the cost of such petitions and/or other fees due in connection with the filing of this document to **Deposit Account No. 03-1952** referencing **204552028900**.

Dated: June 30, 2003

Respectfully submitted,

By:



Barry E. Bretschneider
Registration No. 28,055

Morrison & Foerster LLP
1650 Tysons Boulevard, Suite 300
McLean, Virginia 22102
Telephone: (703) 760-7743
Facsimile: (703) 760-7777

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 7月 1日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-192387

[ST.10/C]:

[JP2002-192387]

出 願 人

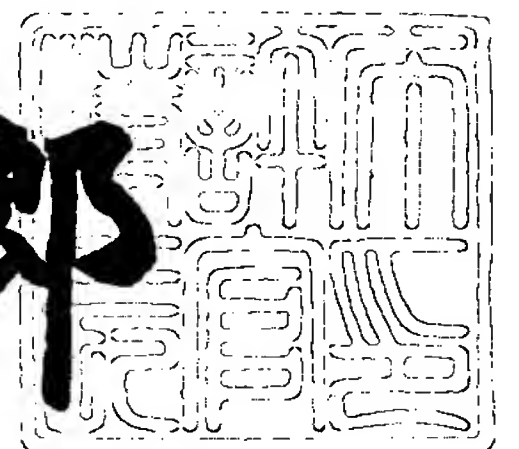
Applicant(s):

シャープ株式会社

2003年 5月13日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3035277

【書類名】 特許願

【整理番号】 179183

【提出日】 平成14年 7月 1日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/18
H01L 21/205

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 山本 圭

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 大林 健

【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100062144

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 葆

【選任した代理人】

【識別番号】 100086405

【弁理士】

【氏名又は名称】 河宮 治

【選任した代理人】

【識別番号】 100084146

【弁理士】

【氏名又は名称】 山崎 宏

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013262

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0208766

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザ装置およびそれを用いた光ディスク装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 GaAs 基板上に、少なくとも、下部クラッド層と、1 つまたは複数の井戸層とバリア層とが積層されて成る量子井戸を含む活性領域と、上部クラッド層が形成された発振波長が 760 nm より大きく且つ 800 nm より小さい半導体レーザ装置において、

上記バリア層を、上記井戸層よりもバンドギャップエネルギーが大きい $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ で構成すると共に、

上記井戸層の格子定数を a_1 とする一方、上記バリア層の格子定数を a_2 とした場合に、

$$0 < x \leq 1$$

$$0.2 < y < 0.75$$

$$|(a_2 - a_1)/a_1| \times 100 > 0.65$$

の関係が成立することを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の半導体レーザ装置において、

上記 GaAs 基板の格子定数を a_0 とした場合に、 $(a_1 - a_0)/a_0$ の値が正の値であること特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 3】 請求項 1 あるいは請求項 2 に記載の半導体レーザ装置において、

上記井戸層に Al 元素が含まれていないことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の半導体レーザ装置において、

上記井戸層が InGaAsP で構成されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 5】 請求項 1 乃至請求項 4 の何れか一つに記載の半導体レーザ装置において、

上記バリア層のうちの何れかあるいは総てが、上記井戸層側とは反対側の面において AlGaAs 層に接触していることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の半導体レーザ装置において、

上記AlGaAs層に接触しているバリア層は、上記活性領域における最外に位置していることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 7】 請求項 5 あるいは請求項 6 に記載の半導体レーザ装置において、

上記AlGaAs層に接触しているバリア層の層厚は4 nmより大きいことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 8】 請求項 1 乃至請求項 7 の何れか一つに記載の半導体レーザ装置において、

上記バリア層のIII族元素中におけるGaの組成比を表す上記xの値は1より小さいことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 9】 請求項 1 乃至請求項 8 の何れか一つに記載の半導体レーザ装置において、

上記活性領域とクラッド層との間に、AlGaAsで構成されたガイド層を備えたことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 1 0】 請求項 1 乃至請求項 9 の何れか一つに記載の半導体レーザ装置において、

上記クラッド層はAlGaAsで構成されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 1 1】 請求項 1 乃至請求項 8 の何れか一つに記載の半導体レーザ装置において、

上記活性領域とクラッド層との間にInGaPまたはInGaAsPで構成されたガイド層を備えると共に、

上記クラッド層はAlGaInPまたはInGaPで構成されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 1 2】 請求項 1 乃至請求項 1 1 の何れか一つに記載の半導体レーザ装置において、

上記バリア層のV族元素中におけるPの組成比を表わす上記yの値は0.25よりも大きいことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 1 3】 請求項 1 乃至請求項 1 2 の何れか一つに記載の半導体レー

ザ装置において、

上記バリア層のV族元素中におけるPの組成比を表わす上記yの値は0.6よりも小さいことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項14】 請求項1乃至請求項13の何れか一つに記載の半導体レーザ装置を、発光装置として用いたことを特徴とする光ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、活性領域にAlを含まない発振波長780nm帯(760nmより大きく800nmより小さい)の半導体レーザ装置、および、その半導体レーザ装置を用いた光ディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

CD(コンパクトディスク)やMD(ミニディスク)等のディスクを再生するための半導体レーザ装置として、780nm帯の半導体レーザ装置が広く使用されている。その中でも、高速書き込み可能なCD-R(CDrecordable)用の半導体レーザ装置として、120mW以上の高出力でも信頼性の高い半導体レーザ装置が強く望まれている。

【0003】

ところで、井戸層/バリア層にAlが入っている従来のAlGaAs量子井戸構造の場合には、特に高温、高出力時における信頼性が低下するという問題がある。これは、Alが活性な物質であるために酸素等の微量の不純物とも反応してしまい、材料の劣化を増幅してしまう為と考えられている。それに対抗する1つの方法として、上記井戸層/バリア層にAlが入っていない構造にすることによって、高出力、高信頼性を実現することが考えられる。しかしながら、実際には、780nm帯において、120mW以上の高出力で十分な信頼性を有する半導体レーザ装置は未だ出現していない。

【0004】

上記井戸層/バリア層にAlが入っていない構造の発振波長810nmの半導体レ

ーザ装置として、特開平 1 1 - 2 2 0 2 4 4 号公報、および、Japanese Journal of Applied Physics Vol.38(1999)pp. L387 - L389に開示されているようなものが提案されている。そこで、この従来の技術に基づいて、780nmで発振する半導体レーザ装置を作成してみた。

【 0 0 0 5 】

図 1 3 は、上記井戸層/バリア層に Al が入っていない InGaAsP 系量子井戸構造の半導体レーザ装置を示す構造図である。また、図 1 4 は、図 1 3 に示す半導体レーザ装置における活性領域近傍のエネルギーバンドギャップ(E_g)のダイアグラムを示す。

【 0 0 0 6 】

図 1 3 において、1 は n 型 GaAs 基板、2 は n 型 $Al_{0.63}Ga_{0.37}As$ 下部クラッド層、3 は $In_{0.484}Ga_{0.516}P$ 下部ガイド層、4 は活性領域である。ここで、活性領域 4 は、バリア層 5 と井戸層 6 とから成る単一量子井戸(SQW)構造を有している。また、7 は $In_{0.484}Ga_{0.516}P$ 上部ガイド層、8 は p 型の $Al_{0.63}Ga_{0.37}As$ 上部クラッド層、9 は p 型の GaAs 保護層、10 は SiO_2 電流ブロック層、11 は n 側電極、12 は p 側電極である。バリア層 5 は、 $In_{0.4}Ga_{0.6}P$ で構成され、歪は引張歪 - 0.62% で、層厚は 5a 及び 5b 共に 5nm である。尚、 $In_{0.4}Ga_{0.6}P$ の E_g は、歪を考慮しない場合には 2.02eV 程度と算出されるが、引張歪による影響によって 1.93eV ~ 1.96eV 程度になるものと考えられる。井戸層 6 は、 $In_{0.162}Ga_{0.838}As_{0.671}P_{0.329}$ で構成され、 E_g は 1.57eV で、基板と格子整合しており、層厚は 5nm である。

【 0 0 0 7 】

従来の井戸層/バリア層に Al が入っていない半導体レーザ装置では、 $In_{0.484}Ga_{0.516}P$ ガイド層($E_g = 1.89eV$)と InGaAsP 井戸層の間に $In_{0.4}Ga_{0.6}P$ バリア層を挿入して、井戸層に隣接する層(つまり、ガイド層 3, 7)との E_g の差「 ΔE_g 」を 0.37eV ~ 0.40eV と、井戸層/バリア層に Al が入っている半導体レーザ装置よりも大きくしている。例えば、AlGaAs 系の半導体レーザの量子井戸構造では、通常 $\Delta E_g = 0.25eV$ 程度である。このように、上記従来の井戸層/バリア層に Al が入っていない半導体レーザ装置では、バリア層 5 に用

いる Al フリーの材料として ΔE_g をできるだけ大きくとれる材料を選び、確実なキャリアの閉じ込めを図っているのである。

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来の井戸層/バリア層に Al が入っていない InGaAsP 系量子井戸構造の半導体レーザ装置においては、以下のような問題がある。すなわち、上記半導体レーザ装置の特性を測定したところ、閾値電流は 1 0 0 mA と高く、且つ、微分効率 0.6 W/A となって、良好な特性が得られない。また、温度特性も非常に悪く、 80°C 以上では発振しないのである。尚、上記井戸層/バリア層に Al が入っている AlGaAs 系の 780 nm 帯の半導体レーザ装置の場合は、閾値電流が 3 5 mA、微分効率が 0.9 W/A 、温度特性が 110 K 程度である。したがって、上記 AlGaAs 系の半導体レーザ装置と比較した場合には、逆に特性が悪化しているのである。

【 0 0 0 9 】

そこで、この発明の目的は、 ΔE_g の大きさに拘らず特性を著しく向上させることができる Al フリーの半導体レーザ装置、および、その半導体レーザ装置を用いた光ディスク装置を提供することにある。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、第 1 の発明は、GaAs 基板上に、少なくとも、下部クラッド層と、1 つまたは複数の井戸層とバリア層とが積層されて成る量子井戸を含む活性領域と、上部クラッド層が形成された発振波長が 760 nm より大きく且つ 800 nm より小さい半導体レーザ装置において、上記バリア層を、上記井戸層よりもバンドギャップエネルギーが大きい $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ で構成すると共に、上記井戸層の格子定数を a_1 とする一方、上記バリア層の格子定数を a_2 とした場合に、以下の関係が成立することを特徴としている。

$$0 < x \leq 1$$

$$0.2 < y < 0.75$$

$$|(a_2 - a_1)/a_1| \times 100 > 0.65$$

【 0 0 1 1 】

後に詳述するように、780nm帯の半導体レーザ装置にInGaPバリア層を用いた従来の場合には、

- 1) バリア層の E_v の広がりによるホールの井戸層への注入効率の低下
- 2) $|\Delta E_c|$ 小による電子のオーバーフロー

が生じ、特性不良の原因となっている。

【 0 0 1 2 】

ところで、InGaAsPは、組成を変えると、同じ E_g であってもコンダクションバンドのエネルギー(E_c)とバレンスバンドのエネルギー(E_v)の値は変わってくる。バリア層にInGaAsPを用いた場合、同じ E_g では、InGaP組成に近づけると E_g はバレンスバンド側に広がり、井戸層とバリア層との $|\Delta E_v|$ は大きくなる一方、 $|\Delta E_c|$ は小さくなる。逆に、GaAsP組成に近づけると E_g はコンダクションバンド側に広がり、井戸層とバリア層との $|\Delta E_v|$ が小さくなる一方、 $|\Delta E_c|$ は大きくなる。そして、 E_v の変化は特にInGaAsP中のP元素の組成に関係し、 E_c の変化は特に井戸層との歪量の差に関係する。

【 0 0 1 3 】

上記構成によれば、上記バリア層をGaAsPまたはInGaAsPとし、P元素の組成比を0.2よりも大きく且つ0.75よりも小さくしているので、従来の場合のInGaPバリア層に比べ、GaAs基板に対する E_v の差 $|\Delta E_{v0}|$ を小さく設定できる。したがって、ガイド層からの井戸層へのホールの注入の効率が大幅に改善される。

【 0 0 1 4 】

さらに、上記バリア層の井戸層に対する歪量を0.65%以上にしている。したがって、上記バリア層と井戸層との ΔE_c が、0.12eV程度以上に設定される。この0.12eV程度とは、AlGaAs系半導体レーザの量子井戸構造において、バリア層としてIII族のAl組成が0.27程度のAlGaAsを用いた場合の、バリア層と井戸層との ΔE_c に相当する。したがって、上記井戸層からの電子のオーバーフローが抑制される。

【 0 0 1 5 】

こうして、上記 InGaP バリア層を用いた従来の半導体レーザ装置における特性不良の原因が解消され、 E_g が小さいため効果が得られないと考えられていた GaAsP または GaAsP に近い組成の InGaAsP を用いた 780nm 帯の半導体レーザ装置の特性が、著しく向上されるのである。

【 0 0 1 6 】

また、1 実施例では、上記第 1 の発明の半導体レーザ装置において、上記 GaAs 基板の格子定数を a_0 とした場合に、 $(a_1 - a_0)/a_0$ の値は正の値である。

【 0 0 1 7 】

この実施例によれば、上記井戸層の GaAs 基板に対する歪は圧縮歪となっている。したがって、例えば、上記バリア層の格子定数 a_2 を上記 GaAs 基板の格子定数 a_0 より小さい引張歪にした場合であっても、活性領域全体としての平均的な歪量を抑制することができる。したがって、結晶内の欠陥の量を減らして信頼性の向上を図ることができ、上記活性領域全体としての臨界膜厚が増大するため上記バリア層の層厚を厚くできる。また、上記井戸層は圧縮歪であるため、偏光モードが TE モードの半導体レーザ装置が得られる。

【 0 0 1 8 】

また、1 実施例では、上記第 1 の発明の半導体レーザ装置において、上記井戸層に Al 元素は含まれていない。

【 0 0 1 9 】

この実施例によれば、上記井戸層およびバリア層には、活性な物質であるために酸素等の微量の不純物とも反応する Al 元素は含まれていない。したがって、高温、高出力時においても高い信頼性が得られる。

【 0 0 2 0 】

また、1 実施例では、上記第 1 の発明の半導体レーザ装置において、上記井戸層が InGaAsP で構成されている。

【 0 0 2 1 】

この実施例によれば、 InGaAsP 井戸層は、 GaAs 基板に比較して E_g がバレンスバンド側に広がって $|\Delta E_{c0}| < |\Delta E_{v0}|$ となる。逆に、 AlGaAs を井戸層とした場合は井戸層の E_g はコンダクションバンド側に広がって $|\Delta E_{c0}|$

$> |\Delta E_{v0}|$ となる。したがって、上記 InGaAsP 井戸層とバリア層とを組み合わせた場合は、AlGaAs を井戸層とした場合に比較して、井戸層とバリア層との $|\Delta E_c|$ がより大きく、 $|\Delta E_v|$ がより小さくなる。したがって、井戸層とバリア層との $|\Delta E_c|$ が大きくなって電子のオーバーフローが抑制され、さらに低閾値電流化、高微分効率化、高温特性化が図られる。

【 0 0 2 2 】

また、1 実施例では、上記第 1 の発明の半導体レーザ装置において、上記バリア層のうちの何れかあるいは総てが、上記井戸層側とは反対側の面において AlGaAs 層に接触している。

【 0 0 2 3 】

この実施例によれば、上記バリア層は AlGaAs 層に接触することによって、上記コンダクションバンド側において、上記 AlGaAs 層との間で大きなバリアが形成される。したがって、上記 AlGaAs 層を井戸層側とは反対側に位置させることによって、上記井戸層からバリア層にオーバーフローした一部の電子が更に上記 AlGaAs 層へオーバーフローすることが抑制される。こうして、上記井戸層への電子の閉じ込め効果が更に増加されて、特性が更に向上される。

【 0 0 2 4 】

また、1 実施例では、上記第 1 の発明の半導体レーザ装置において、上記 AlGaAs 層に接触しているバリア層は上記活性領域における最外に位置している。

【 0 0 2 5 】

この実施例によれば、上記バリア層に接触している AlGaAs 層は上記活性領域における最外に位置している。したがって、一部の電子が活性領域外にまでオーバーフローすることが抑制され、上記電子の閉じ込め効果がより増加される。

【 0 0 2 6 】

また、1 実施例では、上記第 1 の発明の半導体レーザ装置において、上記 AlGaAs 層に接触しているバリア層の層厚は 4 nm よりも大きくなっている。

【 0 0 2 7 】

この実施例によれば、上記 AlGaAs 層に接触しているバリア層の層厚が 4 nm よりも大きいので、上記 AlGaAs 層における Al の影響が大幅に抑制されて、高

温,高出力時においても高い信頼性が得られる。

【 0 0 2 8 】

また、1 実施例では、上記第 1 の発明の半導体レーザ装置において、上記バリア層の III 族元素中における Ga の組成比を表す上記 x の値は 1 より小さくなっている。

【 0 0 2 9 】

この実施例によれば、InGaAsP バリア層の In 元素によって転位の増殖が抑えられ、更に高い信頼性が得られる。

【 0 0 3 0 】

また、1 実施例では、上記第 1 の発明の半導体レーザ装置において、上記活性領域とクラッド層との間に、AlGaAs で構成されたガイド層を備えている。

【 0 0 3 1 】

この実施例によれば、上記コンダクションバンド側において、上記活性領域と AlGaAs ガイド層との間に大きなバリアが形成される。したがって、上記活性領域外であるガイド層までの電子のオーバーフローが抑制されて、InGaAsP ガイド層を用いた場合に比べて、閾値電流および特性温度に対して顕著な向上が図られる。さらに、上記 GaAs 基板に対する格子整合も図られる。

【 0 0 3 2 】

また、1 実施例では、上記第 1 の発明の半導体レーザ装置において、上記クラッド層は AlGaAs で構成されている。

【 0 0 3 3 】

この実施例によれば、バリア層あるいはガイド層からの電子のオーバーフローをさらに抑制することができる。また、AlGaAs は III 族組成の揺らぎが発生しても GaAs 基板への格子整合性が維持されることから、1 μm 以上の厚さを有する上記クラッド層全体が確実に上記 GaAs 基板に対する格子整合を図ることができるのである。

【 0 0 3 4 】

また、1 実施例では、上記第 1 の発明の半導体レーザ装置において、上記活性領域とクラッド層との間には InGaP または InGaAsP で構成されたガイド層

を備えると共に、上記クラッド層はAlGaInPまたはInGaPで構成されている。

【 0 0 3 5 】

この実施例によれば、上記ガイド層をInGaPあるいはInGaAsPとしているが、上記コンダクションバンド側においては、上記第1の発明におけるInGaAsPバリア層が、井戸層とガイド層の間のバリアとして機能することになる。したがって、上記バリア層の層厚を最適に選ぶことによって、電子が上記井戸層内に十分に留められて良好な素子特性が得られる。

【 0 0 3 6 】

さらに、上記クラッド層をAlGaInPまたはInGaPとしている。このように、上記GaAs基板に対するEvの差 $|\Delta E_{v0}|$ が上記ガイド層であるInGaPまたはInGaAsPよりも大きいAlGaInPまたはInGaPを上記クラッド層として用いることによって、上記クラッド層の $|\Delta E_{v0}|$ がガイド層よりも大きいバンド構造が得られる。したがって、上記井戸層へのホールの注入が問題なく行われるのである。

【 0 0 3 7 】

さらに、上記井戸層およびバリア層は元より、上記活性領域外のガイド層にもAlは含まれていない。したがって、高温、高出力動作時においても更に高い信頼性を得ることができる。

【 0 0 3 8 】

また、1実施例では、上記第1の発明の半導体レーザ装置において、上記バリア層のV族元素中におけるPの組成比を表わす上記yの値は、0.25よりも大きくなっている。

【 0 0 3 9 】

この実施例によれば、上記バリア層の $|\Delta E_{v0}|$ を上記井戸層の $|\Delta E_{v0}|$ よりも確実に大きくすることで、注入されたホールが上記井戸層により確実に閉じ込められる。

【 0 0 4 0 】

また、1実施例では、上記第1の発明の半導体レーザ装置において、上記バリ

ア層のV族元素中におけるPの組成比を表わす上記 y の値は、0.6よりも小さくなっている。

【0041】

この実施例によれば、上記バリア層の $|\Delta E_{v0}|$ をより確実に小さくできる。したがって、上記ガイド層からのバリア層へのホールの注入がより確実に行われる。

【0042】

また、第2の発明の光ディスク装置は、上記第1の発明の半導体レーザ装置を発光装置として用いたことを特徴としている。

【0043】

上記構成によれば、CD/MD用の光ディスク装置の発光装置として、従来よりも高い光出力で安定に動作する半導体レーザ装置が用いられている。したがって、光ディスクの回転数を従来よりも高速にしてもデータの読み書きが可能となり、特にCD-R、CD-RW(CDrewritable)等への書き込み時に問題となっていた光ディスクへのアクセス時間が格段に短くなる。

【0044】

【発明の実施の形態】

以下、この発明を図示の実施の形態により詳細に説明する。

【0045】

<第1実施の形態>

図1は、本実施の形態の半導体レーザ装置における構成を示す図である。本実施の形態は、InGaAsP井戸層/GaAsPバリア層の量子井戸活性領域を有する発振波長が780nmの半導体レーザ装置に関する。

【0046】

図1において、21はn型GaAs基板、22はn型GaAsバッファ層(層厚0.5 μ m)、23はn型Al_{0.5}Ga_{0.5}As下部クラッド層(層厚1.7 μ m)、24はAl_{0.35}Ga_{0.65}As下部ガイド層(層厚45nm)、25は活性領域である。ここで、活性領域25は、バリア層26と井戸層27とから成る二重量子井戸(DQW)構造を有している。また、28はAl_{0.35}Ga_{0.65}As上部ガイド層(層厚45

nm)、29aはp型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 上部第1クラッド層(層厚 $0.2\ \mu\text{m}$)、30はp型GaAsエッチングストップ層(層厚3nm)、29bはリッジストライプ形状のp型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 上部第2クラッド層(層厚 $1.28\ \mu\text{m}$)、31はp型GaAs保護層(層厚 $0.7\ \mu\text{m}$)、32はn型 $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ 第1電流ブロック層(層厚 $0.6\ \mu\text{m}$)、33はn型GaAs第2電流ブロック層(層厚 $0.7\ \mu\text{m}$)、34はp型GaAs埋込み保護層(層厚 $0.6\ \mu\text{m}$)、35はp型GaAsキャップ層(層厚 $2\ \mu\text{m}$)、36はn側電極、37はp側電極である。

【0047】

尚、上記バリア層26は $\text{GaAs}_{0.72}\text{P}_{0.28}$ で構成され、歪は引張歪 -1% で、層厚は26a, 26cが8nmであり、26bが7nmである。尚、 $\text{GaAs}_{0.72}\text{P}_{0.28}$ の E_g は、歪を考慮しない場合は 1.77eV 程度と算出される。引張歪による E_g への影響については本材料組成付近では明確ではないので、ここでは考慮しないものとする。井戸層27は、 $\text{In}_{0.162}\text{Ga}_{0.838}\text{As}_{0.671}\text{P}_{0.329}$ で構成され、 E_g は 1.57eV で、基板と格子整合しており、層厚は27a, 27b共に5nmである。尚、井戸層27とバリア層26との ΔE_g は 0.20eV である。

【0048】

ところで、従来のAlGaAs系の量子井戸構造の半導体レーザ装置では、通常 ΔE_g は 0.25eV 程度であり、本実施の形態のごとく ΔE_g が 0.20eV 程度になるとキャリアがオーバーフローして特性の劣化が見られるようになる。

【0049】

上記構成のInGaAsP井戸層/GaAsPバリア層半導体レーザ装置は、以下の様にして作成することができる。すなわち、先ず、(100)面を有するGaAs基板21上に、GaAsバッファ層22、AlGaAs下部クラッド層23、AlGaAs下部ガイド層24、3層のバリア層26と2層の井戸層27を交互に配置して成るDQW構造の活性領域25、AlGaAs上部ガイド層28、AlGaAs上部第1クラッド層29a、GaAsエッチングストップ層30、AlGaAs上部第2クラッド層29b、GaAs保護層31を、有機金属気相成長法によって順次結晶成長させる。さらに、GaAs保護層31上におけるリッジストライプ部を形成する部分に、ストライプ方向が(011)方向であるようなレジストマスクを写真工程によ

って形成する。

【 0 0 5 0 】

次に、上記レジストマスク以外の部分における GaAs 保護層 3 1 および AlGaAs 上部第 2 クラッド層 2 9 b のみをエッチング除去して、リッジストライプ部を形成する。そして、このリッジストライプ部の上側及び両側を含む全体に、AlGaAs 第 1 電流ブロック層 3 2、GaAs 第 2 電流ブロック層 3 3、GaAs 埋込み保護層 3 4 を、有機金属気相成長法によって順次結晶成長させる。その際に、上記リッジストライプ部上には、リッジストライプ部の形状を反映して電流ブロック層 3 2、3 3 および埋込み保護層 3 4 が凸状に形成される。

【 0 0 5 1 】

次に、上記 GaAs 埋込み保護層 3 4 上における上記凸状部を除く領域にレジストマスクを形成する。そして、上記凸状部の埋込み保護層 3 4、第 2 電流ブロック層 3 3 および第 1 電流ブロック層 3 2 をエッチングにより順次除去して、リッジストライプ部の頂部を露出させる。その後、全面に、GaAs キャップ層 3 5 を有機金属気相成長法によって結晶成長させる。そして最後に、基板 2 1 の表面に n 側電極 3 6 を形成し、キャップ層 3 5 の表面に p 側電極 3 7 を形成する。以上のようにして、ストライプ幅 $2.5\ \mu\text{m}$ の埋込リッジ構造を有する InGaAsP 井戸層/GaAsP バリア層の半導体レーザ装置が形成される。

【 0 0 5 2 】

尚、比較のため、図 1 におけるバリア層 2 6 のみを、図 1 3 に示す InGaAsP 系量子井戸構造の半導体レーザ装置におけるバリア層 5 と同じ $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{P}$ とした InGaAsP 井戸層/InGaP バリア層の半導体レーザ装置も同様に形成して、GaAsP バリア層と InGaP バリア層との違いによる素子特性の比較を行った。尚、InGaP バリア層を用いた比較用の半導体レーザ装置の場合には、井戸層とバリア層との ΔE_g は $0.36\text{ eV} \sim 0.39\text{ eV}$ となる。

【 0 0 5 3 】

両半導体レーザ装置とも、共振器長 $800\ \mu\text{m}$ で壁開し、端面反射コーティングを施し、ステムにマウントした後、素子特性の測定を行った。その結果、GaAsP バリア層を用いた本実施の形態の半導体レーザ装置では、閾値電流 $I_{th} =$

25mA、微分効率 $\eta_d = 1.0 \text{ W/A}$ 、温度特性 $T_0 = 140 \text{ K}$ を呈した。これに対して、InGaP バリア層を用いた上記比較用の半導体レーザ装置では、閾値電流 $I_{th} = 38 \text{ mA}$ 、微分効率 $\eta_d = 0.52 \text{ W/A}$ 、温度特性 $T_0 = 108 \text{ K}$ を呈した。このように、InGaP バリア層を用いた比較用の半導体レーザ装置は、上述したように、井戸層とバリア層との ΔE_g は大きいにも拘らず、良好な特性は得られない。一方、GaAsP バリア層を用いた本実施の形態の半導体レーザ装置では、上記 ΔE_g は 0.20 eV と非常に小さいにも拘らず、InGaP バリア層と比べて素子特性を著しく向上できるのである。以下、その理由に付いて検証してみる。

【 0 0 5 4 】

(E_c, E_v の机上検討)

半導体の E_g は、コンダクションバンドのエネルギー (E_c) およびバレンスバンドのエネルギー (E_v) の差である。しかしながら、例え同じ E_g であっても、 E_c および E_v は材料系や組成等によって相違する。一般に、AlGaAs 系は E_c, E_v が高いのに対して、InGaAsP 系では E_c, E_v が低いと言われている。異なる半導体層間のヘテロ界面においては、両層間の E_c 同士の差及び E_v 同士の差 ($\Delta E_c, \Delta E_v$) が電子やキャリアの振る舞いに影響を与える。そこで、本実施の形態の半導体レーザ装置および比較用の半導体レーザ装置において井戸層およびバリア層に用いている InGaAsP に対する E_c, E_v について着目し、その関係について検討を行ってみる。

【 0 0 5 5 】

以下においては、半導体の E_g, E_c, E_v の大小を、両半導体レーザ装置において基板に用いている GaAs の E_g, E_c, E_v を基準にしてその基準に対する差の値 $|\Delta E_{g0}|, |\Delta E_{c0}|, |\Delta E_{v0}|$ で表現することにする。また、 $|\Delta E_{g0}|$ は $|\Delta E_{c0}| + |\Delta E_{v0}|$ である。ここで、 $|\Delta E_{g0}|$ のうち $|\Delta E_{c0}|$ が占める割合を、 $|\Delta E_{c0}| / |\Delta E_{g0}|$ と表現する。

【 0 0 5 6 】

そうすると、比較例に相当する InGaP の $|\Delta E_{c0}| / |\Delta E_{g0}|$ については

$$|\Delta E_{c0}| / |\Delta E_{g0}| = 0.18$$

という数値がAppl.Phys.Lett.66,p1785(1995)に開示されており、これを検討に使用する。一方、本実施の形態に相当するGaAsPの $|\Delta E_{c0}|/|\Delta E_{g0}|$ については、上記InGaPより大であることは一般に知られてはいるが、具体的な数値は不明である。そこで、GaAsPの $|\Delta E_{c0}|/|\Delta E_{g0}|$ として幾つかの値を設定し、更にInGaPとGaAsPとの間の組成であるInGaAsPについては、組成に応じてInGaPの値とGaAsPの値との間で変化すると仮定し、各組成におけるInGaAsPの $|\Delta E_{g0}|$ 、 $|\Delta E_{c0}|$ 、 $|\Delta E_{v0}|$ がどのようなようになるかを検討してみる。ここでは、実際のGaAsP特性に最も合った例として、GaAsPの $|\Delta E_{c0}|/|\Delta E_{g0}|$ を0.60とした場合を示す。尚、InGaAsP系のEg自体についても、実験結果に基づいて組成との関係を推定した。これは、InGaAsP系のEgについて、組成との関係式が幾つか提示されてはいるが、互いに相違しており明確になっていないためである。

【 0 0 5 7 】

図4は、横軸xをIII族のGa組成とする一方、縦軸yをV族のP組成とした平面上に、同じEgとなる(x,y)を結んで等Eg曲線を描いた図である。図5は、横軸xをIII族のGa組成とする一方、縦軸yをV族のP組成とした平面上に、同じEcとなる(x,y)を結んで等Ec曲線を描いた図である。尚、 $|\Delta E_{c0}|$ を50meV毎の等間隔で描いている。また、図6は、同様に、横軸xをIII族のGa組成とする一方、縦軸yをV族のP組成とした平面上に、同じEvとなる(x,y)を結んで等Ev曲線を描いた図である。尚、 $|\Delta E_{v0}|$ を50meV毎の等間隔で描いている。また、図7は、横軸xをIII族のGa組成とする一方、縦軸yをV族のP組成とした平面上に、GaAsに対する歪量が同じになる(x,y)を結んで等歪曲線(等格子定数曲線)を描いた図である。

【 0 0 5 8 】

上記等Eg線と等Ec線と等Ev線とを比較すると、上記等Eg線上に沿って組成をInGaPに近づけると、 $|\Delta E_{v0}|$ は大きくなるが $|\Delta E_{c0}|$ は若干小さくなり、Egはバレンスバンド側に広がることが判る。逆に、組成をGaAsPに近づけると、 $|\Delta E_{v0}|$ は小さくなるが $|\Delta E_{c0}|$ が大きくなり、Egはコンダクションバンド側に広がることが判る。

【 0 0 5 9 】

(机上検討図と本実施の形態の形態の比較、図4～図7から判る効果)

図4～図7に、本実施の形態半導体レーザ装置におけるInGaAsP井戸層27およびGaAsPバリア層26の各組成(x,y)点を、夫々○,●で示している。図5より $|\Delta E_{c0}|$ を読み取り、図6より $|\Delta E_{v0}|$ を読み取り、GaAs基板21, InGaAsP井戸層27およびGaAsPバリア層26のエネルギーバンドの関係を描くと図3に示すようになる。さらに、素子構造の活性領域近傍のエネルギーバンドを描くと図2(a)に示すようになる。尚、図2(b)に、InGaPバリア層を用いた比較用の半導体レーザ装置の場合を示している。

【 0 0 6 0 】

図2において、本実施の形態の半導体レーザ装置と比較用の半導体レーザ装置とを比較すると、先ず第1に明確に判ることは、図2(b)に示すように、InGaPバリア層の半導体レーザ装置では、 E_v 側に、ガイド層から流れ込むホールに対して非常に大きなバリアが形成されていることである。このバリアの影響によって井戸層にホールが注入され難くなり、閾値電流の上昇や微分効率の低下が発生したと推測される。これに対して、GaAsPバリア層の半導体レーザ装置の場合には、図2(a)に示すように、 E_v 側にバリアが存在せず、電子およびホール共にキャリアの注入が効率よく行われて、閾値電流の低減および微分効率の増大に繋がったと推定される。

【 0 0 6 1 】

第2に、上記GaAsPバリア層の半導体レーザ装置は、InGaPバリア層の半導体レーザ装置よりも E_g は小さいが、井戸層とバリア層との E_c 同士の差である $|\Delta E_c|$ は逆に大きくなっていることが判る。このように、バリア層をGaAsPとすることによって $|\Delta E_c|$ が大きくなるため、電子のオーバーフローがより抑制されて、更なる閾値電流の低減および微分効率の増大、また、温度特性の向上に繋がったと推定される。

【 0 0 6 2 】

(組成および歪量の有効な範囲の決定)

図5および図6は、上述したようにGaAsPの $|\Delta E_{c0}| / |\Delta E_{g0}|$ を0.6

0と仮定した場合のものであり、真の曲線は不明である。しかしながら、本実施の形態の半導体レーザ装置と比較用の半導体レーザ装置とから得られた素子特性が、上述したように、図5および図6による推定に対して大きな齟齬がないために、図4～図7に示す曲線が有する傾向は、大まかには実態を表わしていると判断される。

【 0 0 6 3 】

以下、この判断に基づいて、InGaAsP組成がバリア層として有効に機能する $|\Delta E_{c0}|$ および $|\Delta E_{v0}|$ の上限と下限とについて述べる。

【 0 0 6 4 】

井戸層へのキャリア注入についてはホールが支配的と考え、 $|\Delta E_{v0}|$ を不必要に大きくしないように設定する。また、井戸層からのキャリアのオーバーフローについては電子が支配的と考え、 $|\Delta E_{c0}|$ を不必要に小さくしないように設定することにする。尚、発振波長が780nmの半導体レーザ装置におけるInGaAsP井戸層においては、 $|\Delta E_{c0}| = \text{約} 0.03 \text{ eV}$ であり、 $|\Delta E_{v0}| = \text{約} 0.12 \text{ eV}$ であると推定される。但し、この値は、井戸層の歪量等によって変動するので厳密ではない。

【 0 0 6 5 】

先ず、 $|\Delta E_{v0}|$ の最小値については、バリア層と井戸層との ΔE_v は少なくとも正の値になる必要がある。したがって、 $|\Delta E_{v0}| > \text{約} 0.12 \text{ eV}$ であり、図6からP組成0.15～0.30付近に $|\Delta E_{v0}|$ の境界が存在すると言える。

【 0 0 6 6 】

次に、 $|\Delta E_{v0}|$ の最大値については、ガイド層からのホールの注入を疎外しない程度に抑える必要がある。ガイド層やクラッド層として、InGaPやAlGaAs等のGaAs基板に格子整合する種々の材料や組成が用いられるが、少なくとも最も $|\Delta E_{v0}|$ の大きいInGaPが用いられた場合よりも $|\Delta E_{v0}|$ を小さくする必要があり、 $|\Delta E_{v0}| < \text{約} 0.38 \text{ eV}$ (図6におけるGaAsに対する歪量が0の破線とInGaPの線との交点での $|\Delta E_{v0}|$ の値)となる。したがって、図6から、P組成が0.60～0.80である付近に $|\Delta E_{v0}|$ の境界が存在すると言える。

【 0 0 6 7 】

また、 $|\Delta E_{c0}|$ の最小値については、井戸層からの電子のオーバーフローを防ぐために、バリア層と井戸層の ΔE_c が 0.12 eV 程度以上になるように設定する必要がある。この 0.12 eV は、AlGaAs 系の半導体レーザ装置では、バリア層に III 族の Al 組成が 0.27 程度の AlGaAs を用いた場合に相当する。したがって、バリア層の $|\Delta E_{c0}|$ は、井戸層の $|\Delta E_{c0}|$ が約 0.03 eV であるから、 $|\Delta E_{c0}| > \text{約 } 0.15\text{ eV}$ (約 $0.03\text{ eV} + 0.12\text{ eV}$) となる。図 5 及び図 7 から判るように等 E_c 線が等格子定数線と平行に近いことから、 $|\Delta E_{c0}|$ に関しては井戸層の GaAs に対する歪量からの歪量の差の値で境界を設定することができる。すなわち、井戸層の歪量との歪量の差が $-0.65\% \sim -0.85\%$ の付近に $|\Delta E_{c0}|$ の境界が存在すると言える。

【 0 0 6 8 】

次に、 $|\Delta E_{c0}|$ の最大値については、電子の注入は相当大きなバリアでなければあまり影響はないと考え、特に考慮しないものとする。

【 0 0 6 9 】

以上、大まかに推定した P 組成および歪量の境界に基づいて、実際に幾種類かのバリア層の半導体レーザ装置を作成して特性を測定した結果によると、P 組成を 0.2 以下および 0.75 以上に設定すると、素子特性が大幅に低下する。したがって、P 組成については、 0.2 よりも大きく且つ 0.75 よりも小さい範囲が有効なのである。更には、 0.25 よりも大きく且つ 0.6 よりも小さい範囲で、極めて有効な素子特性を得ることができるのである。また、井戸層の歪量との歪量の差を -0.65% 以下に設定すると、素子特性が低下する。したがって、井戸層の歪量との歪量の差については、 -0.65% よりも大きい範囲が有効なのである。

【 0 0 7 0 】

尚、上述した $|\Delta E_{g0}|$, $|\Delta E_{c0}|$, $|\Delta E_{v0}|$ の推定値は、歪によるバンド構造の変化については明確なデータが無いために考慮しておらず、真の値を示しているとは限らない。しかしながら、本実施の形態において得られた範囲は、飽くまでもこれらの推定を参考にして実際に半導体レーザ装置を作成し、その特性

を検討した結果に基づいて得たものである。したがって、上記推定値の真偽によって、上記範囲が左右されるものではない。

【 0 0 7 1 】

(電子オーバーフローに対するAlGaAsガイド層の利点)

上記コンダクションバンド側においては、AlGaAsをガイド層として用いることによって、GaAsPバリア層26a, 26cとAlGaAsガイド層24, 28との間でも大きなバリアが形成される。したがって、例えば電子の一部がバリア層26a, 26cにオーバーフローしたとしても、ガイド層24, 28へのオーバーフローを抑制することができ、井戸層27への電子の閉じ込め効果が更に増加して、素子特性の向上に非常に効果がある。これは、図13に示す従来のInGaAsP系半導体レーザ装置と上記比較用のInGaPバリア層の半導体レーザ装置とを比較した場合に顕著に現れる。両者は、井戸層がInGaAsPでありバリア層がInGaPであり略同じ材料であるのに対して、ガイド層に前者がInGaPで後者がAlGaAsでの違いがあるだけである。しかしながら、素子特性には、閾値電流は前者が100mAで後者が38mAであり、温度特性は前者が80℃では発振せず評価できないほど非常に悪いのに対し、後者が108Kであり、大きな差が現れている。以上のことから、AlGaAsをガイド層として用いる効果が判る。

【 0 0 7 2 】

(Alフリーによる高信頼性)

本実施の形態においては、井戸層27および井戸層27に接するバリア層26にAlを含んでいないために、高温,高出力時においても、高い信頼性を得ることが可能である。また、バリア層26にInを添加してInGaAsPバリア層とすることによって、更に高い信頼性を得ることが可能になる。これは、Inが転位の増殖を抑えているためと考えられる。

【 0 0 7 3 】

また、本実施の形態においては、上記活性領域における最外のバリア層26a, 26cの外側がAlGaAsのガイド層24, 28となっている。そのため、GaAsPバリア層26の層厚を4nm以下にすると、高温,高出力時での信頼性が低下する。これは、ガイド層24, 28のAlの影響と考えられる。したがって、GaAs

P バリア層 2 6 の層厚を 4 nm より大きくすることによって、ガイド層 2 4 , 2 8 の Al の影響を大幅に抑制することができ、高温, 高出力時においても高い信頼性を得ることができる。

【 0 0 7 4 】

(InGaAsP 井戸層による E_c, E_v に関する利点)

図 3 から判るように、上記 InGaAsP 井戸層 2 7 は、GaAs 基板 2 1 に比較して、 E_g はバレンスバンド側に広がって $|\Delta E_{c0}| < |\Delta E_{v0}|$ となる。これとは逆に、GaAsP バリア層 2 6 は、 E_g はコンダクションバンド側に広がって $|\Delta E_{c0}| > |\Delta E_{v0}|$ となる。したがって、InGaAsP 井戸層 2 7 と GaAsP バリア層 2 6 との組み合わせは、例えば AlGaAs を井戸層とした場合に比較して、井戸層 2 7 とバリア層 2 6 との ΔE_c および ΔE_v を考えると、 $|\Delta E_c|$ をより大きく、 $|\Delta E_v|$ をより小さくできる。すなわち、本実施の形態によれば、小さな E_g のバリア層で $|\Delta E_v|$ を小さいままに $|\Delta E_c|$ を大きくすることが可能になる。その結果、井戸層 2 7 とバリア層 2 6 との $|\Delta E_c|$ を大きくして電子のオーバーフローを抑制し、より低閾値電流化, 高微分効率化, 高温特性化が可能になるのである。

【 0 0 7 5 】

(無歪井戸層への引張歪バリア層の影響による効果)

本実施の形態においては、上記井戸層 2 7 として GaAs 基板 2 1 に格子整合した InGaAsP を用いたが、両側に在るバリア層 2 6 の引張歪の影響によって井戸層 2 7 も歪の影響を受けている。したがって、通常は、井戸層に歪を導入するのであるが、本実施の形態においては、井戸層 2 7 に歪を導入することなく歪の効果を得ることができ、低閾値電流化および高出力化が可能になるのである。

【 0 0 7 6 】

また、本実施の形態における半導体レーザ装置は、TM モード発振を行う。引張歪層の発光は、ライトホールバンドが発光に寄与して TM モードとなることが知られている。本実施の形態における InGaAsP 井戸層 2 7 には、格子定数が GaAs 基板 2 1 と一致しているにも拘らず、GaAsP バリア層 2 6 の引張歪の影響を受けて引張歪のエネルギーが加えられて TM モードとなるのである。通常、

井戸層に引張歪を入れてTMモードとする場合、バリア層も引張歪であると、活性領域全体としての歪量が非常に大きくなって信頼性が低下してしまう。ところが、本実施の形態の場合には、無歪の井戸層を用いているために活性領域全体としての歪量を抑制することができ、高い素子特性と高い信頼性の両立が可能なTMモードの半導体レーザ装置が得られるのである。

【 0 0 7 7 】

尚、上述のように、本実施の形態においてはTMモードを選択しているが、バリア層の引張歪量を下げることや井戸層を圧縮歪とすること等によって、TEモードを選択することも可能である。

【 0 0 7 8 】

以上のごとく、本実施の形態においては、半導体レーザ装置における活性領域25を、バリア層26と井戸層27とから成るDQW構造とし、バリア層26を歪量-1%の $\text{GaAs}_{0.72}\text{P}_{0.28}$ で構成し、井戸層27をGaAs基板21と格子整合した $\text{In}_{0.162}\text{Ga}_{0.838}\text{As}_{0.671}\text{P}_{0.329}$ で構成している。このように、バリア層26を、0.2よりも大きく且つ0.75よりも小さいP組成であって、-0.65%よりも大きい井戸層の歪量(=基板の歪量)との歪量の差を有するGaAsPとし、InGaAsP井戸層27と組み合わせることによって、バリア層26と井戸層27とガイド層24,28の $|\Delta E_{v0}|$ を、井戸層27の $|\Delta E_{v0}| < \text{バリア層26の} |\Delta E_{v0}| < \text{ガイド層24,28の} |\Delta E_{v0}|$ の大小関係が成立するように設定することができ、ガイド層24,28からのホールの注入を効率良く行うことができる。さらに、上記バリア層26と井戸層27との間の ΔE_c を0.12eV以上に設定することができ、井戸層27からの電子のオーバーフローを抑制することができる。

【 0 0 7 9 】

したがって、井戸層27とバリア層26との ΔE_g は0.20eVと小さいにも拘わらず、閾値電流 $I_{th} = 25\text{mA}$ 、微分効率 $\eta_d = 1.0\text{W/A}$ 、温度特性 $T_0 = 140\text{K}$ と、InGaPバリア層と比べて素子特性を著しく向上させることができるのである。

【 0 0 8 0 】

その際に、上記GaAsPバリア層26の層厚を4nmより大きくしているので、AlGaAsガイド層24,28のAlの影響を大幅に抑制することができ、高温、高出力時に高い信頼性を得ることができる。

【0081】

また、上記GaAsPバリア層26にInを添加してInGaAsPバリア層とすることによって、転位の増殖を抑えることができ、更に高い信頼性を得ることができるのである。

【0082】

(種々の構成の自由度)

本実施の形態においては、上記InGaAsP井戸層27をGaAs基板21と同じ格子定数としたが、InGaAsP井戸層27に歪を加えてもGaAsPバリア層26は有効であり、素子特性の向上に繋がる。また、本実施の形態における井戸数は2層であるが、これに限るものではなく、任意の井戸数で同様の効果が得られる。また、本実施の形態においては埋込リッジ構造としたがこれに限定されるものではなく、リッジ構造,内部ストライプ構造,埋込ヘテロ構造等のあらゆる構造に対して同様の効果を得ることができる。

【0083】

また、本実施の形態においては、上記基板としてn型基板を用いたが、p型基板を用いると共に各層のn型とp型とを入れ換えても同様の効果を得ることができる。また、波長を780nmとしたがこれに限るものではなく、760nmよりも大きく且つ800nmよりも小さい所謂780nm帯であれば同様の効果を得ることができるのである。

【0084】

<第2実施の形態>

図8は、本実施の形態の半導体レーザ装置における構成を示す図である。本実施の形態は、InGaAsP圧縮歪井戸層/InGaAsPバリア層の量子井戸活性領域を有する波長780nmの半導体レーザ装置に関する。

【0085】

図8において、41はn型GaAs基板、42はn型GaAsバッファ層(層厚0.

5 μm)、4 3 aはn型 $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ 下部第2クラッド層(層厚3.0 μm)、4 3 bはn型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 下部第1クラッド層(層厚0.2 μm)、4 4は $\text{Al}_{0.42}\text{Ga}_{0.58}\text{As}$ 下部ガイド層(層厚0.1 μm)、4 5は活性領域である。ここで、活性領域4 5は、バリア層4 6と井戸層4 7とから成るDQW構造を有している。また、4 8は $\text{Al}_{0.42}\text{Ga}_{0.58}\text{As}$ 上部ガイド層(層厚0.1 μm)、4 9 aはp型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 上部第1クラッド層(層厚0.2 μm)、5 0はp型GaAsエッチングストップ層(層厚3 nm)、4 9 bはリッジストライプ形状のp型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 上部第2クラッド層(層厚1.28 μm)、5 1はp型GaAs保護層(層厚0.7 μm)、5 2はn型 $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ 第1電流ブロック層(層厚0.6 μm)、5 3はn型GaAs第2電流ブロック層(層厚0.7 μm)、5 4はp型GaAs埋込み保護層(層厚0.6 μm)、5 5はp型GaAsキャップ層(層厚2 μm)、5 6はn側電極、5 7はp側電極である。

【 0 0 8 6 】

尚、上記バリア層4 6は、 $\text{In}_{0.09}\text{Ga}_{0.91}\text{As}_{0.41}\text{P}_{0.59}$ によって構成され、 E_g は2.02 eV、歪は引張歪-1.45%で、層厚は4 6 a, 4 6 cが10 nmであり4 6 bが5 nmである。また、上記井戸層4 7は、 $\text{In}_{0.27}\text{Ga}_{0.73}\text{As}_{0.55}\text{P}_{0.45}$ で構成され、 E_g は1.55 eV、歪は圧縮歪0.35%で、層厚は4 7 a, 4 7 b共に8 nmである。尚、井戸層4 7とバリア層4 6との ΔE_g は0.47 eVである。

【 0 0 8 7 】

尚、歪によるバリア層4 6および井戸層4 7の E_g への影響については、本材料組成付近でも明確ではないので、本実施の形態でも考慮しないものとする。

【 0 0 8 8 】

上記構成のInGaAsP圧縮歪井戸層/InGaAsPバリア層半導体レーザ装置は、上記第1実施の形態の場合と同様の成長、プロセスの手法によってストライプ幅2 μm の埋込リッジ構造を形成することによって作成することができる。そして、得られた半導体レーザ素子を共振器長800 μm で壁開し、端面反射コーティングを施し、ステムにマウントした後に、素子特性の測定を行った。その結果、閾値電流 $I_{th}=29\text{ mA}$ 、微分効率 $\eta_d=0.95\text{ W/A}$ 、温度特性 $T_0=150\text{ K}$ であった。このように、井戸層に圧縮歪を導入すると共にInGaAsPバリ

ア層を用いた半導体レーザ装置でも、良好な素子特性を得ることができるのである。

【 0 0 8 9 】

図 9 に、本実施の形態の半導体レーザ装置における活性領域近傍のエネルギーバンドを示す。本半導体レーザ装置の場合にも、上記第 1 実施の形態における半導体レーザ装置の場合と同様に、バリア層 4 6 を P 組成が 0.6 よりも小さい InGaAsP で構成しているため、バリア層に InGaP を用いた従来の半導体レーザ装置に比較して、井戸層 4 7 とバリア層 4 6 との間の $|\Delta E_v|$ は小さいままに $|\Delta E_c|$ を大きくすることができる。

【 0 0 9 0 】

図 5 および図 6 から判るように、本半導体レーザ装置におけるバリア層 4 6 の組成付近では等 E_c 線と等 E_v 線との組成に対する変化の仕方が大きく異なっており、適切な組成を選ぶことでバリア層 4 6 の $|\Delta E_{c0}|$ と $|\Delta E_{v0}|$ とをある程度独立に制御することが可能である。例えば、等 E_c 線が等格子定数線に略平行なことから、バリア層 4 6 の E_c と歪量とを殆ど変えずに E_v を変化させることも可能である。本実施の形態においては、上記第 1 実施の形態の半導体レーザ装置に比較して井戸層 4 7 とバリア層 4 6 との $|\Delta E_v|$ が大きくなるように In 組成および P 組成を調整している。これによって、井戸層 4 7 へのホールの閉じ込めをも向上することが可能になる。

【 0 0 9 1 】

尚、本実施の形態においては、図 9 と図 2 (b) との比較から判るように、バリア層に InGaP を用いた従来の半導体レーザに比べて、バレンスバンドのバリアが小さく設定されている。したがって、本実施の形態においても電子およびホール共にキャリアの注入の効率が大幅に改善されて、素子特性の向上に効果があるのである。さらに、井戸層 4 7 およびこれに接するバリア層 4 6 に Al を含んでいないために、高温、高出力時においても高い信頼性を得ることができる。

【 0 0 9 2 】

また、本実施の形態においては、上記 InGaAsP バリア層 4 6 は、GaAs 基板 4 1 から格子定数がずれて、 -1.45% の引張歪になっている。しかしなが

ら、井戸層 4 7 に圧縮歪を導入することによって活性領域全体としての平均的な歪量を抑制することができ、井戸層を基板に格子整合させる場合に比較して、結晶内の欠陥の量を減らし、更なる信頼性の向上を図ることができる。また、平均的な歪量を小さくしたことによって、活性領域全体としての臨界膜厚も増大し、バリア層 4 6 a, 4 6 b の層厚を 1 0 nm と厚く設定することができる。本実施の形態においても、活性領域における最外のバリア層 4 6 a, 4 6 c の外側が AlGaAs から成るガイド層 4 4, 4 8 となっているが、井戸層 4 7 から AlGaAs ガイド層 4 4, 4 8 までの距離を 1 0 nm と大きくしているので、ガイド層 4 4, 4 8 から活性領域への Al の影響を更に小さくすることができ、高温、高出力時においても高い信頼性を得ることができる。また、本実施の形態においては、上記バリア層 4 6 に In を添加して InGaAsP 層としているため、In によって転位の増殖を抑えることによって、更に高い信頼性を得ることができるのである。

【 0 0 9 3 】

本実施の形態においては、上記井戸層 4 7 として 0.35 % の圧縮歪を有する InGaAsP を用いており、歪の効果を得ることができる。したがって、低閾値電流化および高出力化が可能になる。尚、圧縮歪層の発光にはヘビーホールバンドが寄与するために、偏光モードは TE モードとなることが知られている。本実施の形態における半導体レーザ装置の偏光モードも TE モードであり、井戸層 4 7 を圧縮歪とすることによって、TE モードの半導体レーザ装置を形成することができるのである。

【 0 0 9 4 】

尚、本実施の形態においては、上記活性領域を InGaAsP 圧縮歪井戸層 / InGaAsP 引張歪バリア層としたが、この組み合わせに限定されるものではない。InGaAsP 無歪井戸層 / InGaAsP 引張歪バリア層あるいは InGaAsP 圧縮歪井戸層 / GaAsP バリア層の組み合わせも可能である。また、本実施の形態における井戸数は 2 層であるが、これに限定されるものではなく、任意の井戸数で同様の効果を得ることができる。また、本実施の形態においては、埋込リッジ構造としたがこれに限定されるものではなく、リッジ構造、内部ストライプ構造、埋込ヘテロ構造等のあらゆる構造に対して同様の効果を得ることができる。

【 0 0 9 5 】

また、本実施の形態においては、上記基板として n 型基板を用いたが、p 型基板を用いると共に各層の n 型と p 型とを入れ換えても同様の効果を得ることができる。また、波長を 7 8 0 nm としたがこれに限定されるものではなく、7 6 0 nm よりも大きく且つ 8 0 0 nm よりも小さい所謂 7 8 0 nm 帯であれば同様の効果を得ることができるのである。

【 0 0 9 6 】

< 第 3 実施の形態 >

図 1 0 は、本実施の形態の半導体レーザ装置における構成を示す図である。本実施の形態は、InGaAsP 井戸層/GaAsP バリア層の量子井戸活性領域を有する波長 7 8 0 nm の半導体レーザ装置に関する。

【 0 0 9 7 】

図 1 0 において、6 1 は n 型 GaAs 基板、6 2 は n 型 GaAs バッファ層 (層厚 $0.5 \mu\text{m}$)、6 3 は n 型 $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.516}\text{In}_{0.484}\text{P}$ 下部クラッド層 (層厚 $1.7 \mu\text{m}$)、6 4 は $\text{Ga}_{0.516}\text{In}_{0.484}\text{P}$ 下部ガイド層 (層厚 5 0 nm)、6 5 は活性領域である。ここで、上記活性領域 6 5 は、バリア層 6 6 と井戸層 6 7 とからなる S Q W 構造を有している。また、6 8 は $\text{Ga}_{0.516}\text{In}_{0.484}\text{P}$ 上部ガイド層 (層厚 5 0 nm)、6 9 a は p 型 $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.516}\text{In}_{0.484}\text{P}$ 上部第 1 クラッド層 (層厚 $0.2 \mu\text{m}$)、7 0 は p 型 GaAs エッチングストップ層 (層厚 3 nm)、6 9 b はリッジストライプ形状の p 型 $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.516}\text{In}_{0.484}\text{P}$ 上部第 2 クラッド層 (層厚 $1.28 \mu\text{m}$)、7 1 は p 型 GaAs 保護層 (層厚 $1.0 \mu\text{m}$)、7 2 は SiN_x 電流ブロック層、7 3 は n 側電極、7 4 は p 側電極である。

【 0 0 9 8 】

尚、上記バリア層 6 6 は、 $\text{GaAs}_{0.75}\text{P}_{0.25}$ で構成され、 E_g は 1.73 eV 、歪は引張歪 -0.89% で、層厚は 6 6 a, 6 6 b 共に 5 nm である。また、井戸層 6 7 は、 $\text{In}_{0.27}\text{Ga}_{0.73}\text{As}_{0.55}\text{P}_{0.45}$ で構成され、 E_g は 1.55 eV で、歪は圧縮歪 0.35% で、層厚は 8 nm である。尚、井戸層 6 7 とバリア層 6 6 との ΔE_g は 0.18 eV である。尚、歪によるバリア層 6 6 および井戸層 6 7 の E_g への影響については、本材料組成付近でも明確ではないので、本実施の形態においても考

慮しないものとしている。

【 0 0 9 9 】

上記構成の InGaAsP 井戸層/ GaAsP バリア層半導体レーザ装置は、次のようにして作成される。すなわち、先ず、上記第 1 実施の形態の場合と同様の成長、プロセスの手法によってリッジストライプ部を形成する。そして、上記リッジストライプ部の上側及び両側を含む全体に、 SiN_x 電流ブロック層 7 2 をプラズマ気相成長法によって成長させる。その際に、上記リッジストライプ部上には、リッジストライプ部の形状を反映して電流ブロック層 7 2 が凸状に形成される。

【 0 1 0 0 】

次に、上記電流ブロック層 7 2 上における上記凸状部の保護層 7 1 を除く領域にレジストマスクを形成する。そして、上記凸状部における保護層 7 1 の周囲の電流ブロック層 7 2 をエッチングによって除去し、リッジストライプ部の頂部を露出させる。そして最後に、基板 6 1 の表面に n 側電極 7 3 を形成し、電流ブロック層 7 2 および保護層 7 1 の表面に p 側電極 7 4 を形成する。以上のようにして、ストライプ幅 $3\ \mu\text{m}$ のリッジ導波路構造を有する InGaAsP 井戸層/ GaAsP バリア層の半導体レーザ装置が形成される。

【 0 1 0 1 】

そして、得られた半導体レーザ素子を共振器長 $800\ \mu\text{m}$ で壁開し、端面反射コーティングを施し、ステムにマウントした後、素子特性の測定を行った。その結果、閾値電流 $I_{\text{th}} = 30\ \text{mA}$ 、微分効率 $\eta_d = 0.9\ \text{W/A}$ 、温度特性 $T_0 = 130\ \text{K}$ であった。このように、リッジ導波路構造を有する GaAsP バリア層を用いた半導体レーザ装置では、 ΔE_g が $0.18\ \text{eV}$ と非常に小さいにも拘らず、良好な素子特性を得ることができるのである。

【 0 1 0 2 】

図 1 1 に、本実施の形態の半導体レーザ装置における活性層近傍のエネルギーバンドを示す。本半導体レーザ装置の場合にも、上記第 1 実施の形態における半導体レーザ装置の場合と同様に、バリア層 6 6 を P 組成が 0.60 よりも小さい GaAsP で構成しているため、バリア層に InGaP を用いた従来の半導体レーザ装置に比較して、井戸層 6 7 とバリア層 6 6 との間の $|\Delta E_v|$ は小さいままに

$|\Delta E_c|$ を大きくすることができる。したがって、特に、電子のオーバーフローを抑制することができ、低閾値電流, 高微分効率, 高温特性等の良好な素子特性を得ることができる。尚、バリア層に In を添加した InGaAsP を用いても、P 組成が 0.75 よりも小さければ、図 5 および図 6 から判るように、井戸層とバリア層との間の $|\Delta E_v|$ は小さいままに $|\Delta E_c|$ を大きくすることができ、良好な素子特性を得ることができるのである。また、本実施の形態においては、InGaAsP 井戸層 67 の In 組成および P 組成を上記第 1 実施の形態の場合よりも増やしており、井戸層 67 とバリア層 66 との間の $|\Delta E_c|$ の増大を図っている。

【0103】

本実施の形態においては、上記ガイド層 64, 68 を InGaP としており、図 11 から判るように、コンダクションバンド側で $\text{GaAs}_{0.75}\text{P}_{0.25}$ バリア層 66 が井戸層 67 とガイド層 64, 68 の間におけるバリアになっている。ここで、 $\text{GaAs}_{0.75}\text{P}_{0.25}$ バリア層 66 の層厚を 4 nm 以下に薄くすると、上記閾値電流が上がり、微分効率が下がり、温度特性が下がる。これは、バリア層 66 をトンネルする電子が多くなり、ガイド層 64, 68 に電子がオーバーフローすることによって電子が井戸層 67 に十分に溜まらないためである。また、GaAsP バリア層 66 の層厚を 20 nm 以上に厚くすると、電子の注入効率が低下するため、閾値電流が増大し、微分効率が低下する。以上のことから、バリア層 66 の層厚は、4 nm より大きく且つ 20 nm より小さくすることによって、電子を井戸層 67 内に十分に溜めることが可能となって良好な素子特性を得ることが可能になるのである。

【0104】

さらに、本実施の形態においては、上記ガイド層 64, 68 に InGaP を用いると共に、クラッド層 63, 69 に AlGaInP を用いている。クラッド層が AlGaAs である場合には、上記第 1 実施の形態における比較例において図 2 (b) に示すように、InGaP であるバリア層の $|\Delta E_{v0}|$ がクラッド層よりも大きいため、ホールの井戸層への注入が阻害される。ところが、本実施の形態の場合には、InGaP よりも $|\Delta E_{v0}|$ の大きい AlGaInP をクラッド層 63, 69 に用

いているために、図 1 1 に示すように、クラッド層 6 3 , 6 9 の $|\Delta E_{v0}|$ が InGaP であるガイド層 6 4 , 6 8 よりも大きいバンド構造となつて、井戸層 6 7 へのホールの注入が問題なく行われるのである。さらに、このバンド構造の場合には、井戸層 6 7 とこれに接するバリア層 6 6 a , 6 6 b とは元より、バリア層 6 6 a , 6 6 b の外側の InGaP ガイド層 6 4 , 6 8 にも Al は含まれてはいない。そのために、高温、高出力動作時においても高い信頼性を得ることができるのである。

【 0 1 0 5 】

尚、上述した井戸層 6 7 へのホール注入の効果および高温、高出力時での高信頼性の効果は、ガイド層として InGaAsP を用いると共に、クラッド層として InGaP を用いても同様に得ることができる。

【 0 1 0 6 】

また、本実施の形態においては、上記 InGaAsP 井戸層 6 7 を 0 . 3 5 % の圧縮歪としているので、偏光モードが TE モードの半導体レーザ装置を得ることができる。

【 0 1 0 7 】

尚、本実施の形態においては、上記活性領域を InGaAsP 圧縮歪井戸層 / GaAsP 引張歪バリア層としたが、この組み合わせに限定されるものではない。InGaAsP 無歪井戸層 / GaAsP バリア層、InGaAsP 無歪井戸層 / InGaAsP 引張歪バリア層、あるいは、InGaAsP 圧縮歪井戸層 / InGaAsP 引張歪バリア層の組み合わせも可能である。また、本実施の形態における井戸数は 1 層であるが、これに限定されるものではなく、任意の井戸数で同様の効果を得ることができる。また、本実施の形態においては、リッジ導波路構造としたがこれに限定されるものではなく、埋込リッジ構造、内部ストライプ構造、埋込ヘテロ構造等のあらゆる構造に対して同様の効果を得ることができる。

【 0 1 0 8 】

また、本実施の形態においては、上記基板として n 型基板を用いたが、p 型基板を用いると共に各層の n 型と p 型とを入れ換えても同様の効果を得ることができる。また、波長を 7 8 0 nm としたがこれに限定されるものではなく、7 6 0 nm よりも大きく且つ 8 0 0 nm よりも小さい所謂 7 8 0 nm 帯で同様の効果を得ること

ができるのである。

【 0 1 0 9 】

＜第 4 実施の形態＞

本実施の形態は、上記各実施の形態における半導体レーザ装置を用いた光ディスク装置に関する。図 1 2 は、本実施の形態における光ディスク装置の構成図である。この光ディスク装置は、光ディスク 8 1 にデータを書き込んだり、光ディスク 8 1 に書き込まれたデータを再生したりするものであり、その際に用いる発光装置として、上記各実施の形態の何れか一つにおける半導体レーザ装置 8 2 を備えている。

【 0 1 1 0 】

以下、本光ディスク装置の構成および動作について説明する。本光ディスク装置は、書き込みの際には、半導体レーザ装置 8 2 から出射された信号光(データ信号が重畳されたレーザ光)はコリメートレンズ 8 3 を通過して平行光となり、ビームスプリッタ 8 4 を透過する。そして、 $\lambda/4$ 偏光板 8 5 によって偏光状態が調節された後に、レーザ光照射用対物レンズ 8 6 によって集光されて光ディスク 8 1 を照射する。こうして、データ信号が重畳されたレーザ光によって、光ディスク 8 1 にデータが書き込まれる。

【 0 1 1 1 】

一方、読み出しの際には、上記半導体レーザ装置 8 2 から出射されたデータ信号が重畳されていないレーザ光が、上記書き込みの場合と同じ経路を辿って光ディスク 8 1 を照射する。そして、データが記録された光ディスク 8 1 の表面で反射されたレーザ光は、レーザ光照射用対物レンズ 8 6 および $\lambda/4$ 偏光板 8 5 を経た後、ビームスプリッタ 8 4 で反射されて進行方向が 90° 変更される。その後、再生光用対物レンズ 8 7 によって集光され、信号検出用受光素子 8 8 に入射される。そして、こうして信号検出用受光素子 8 8 内で、入射したレーザ光の強弱に応じて光ディスク 8 1 から読み出されたデータ信号が電気信号に変換され、信号光再生回路 8 9 によって元の情報信号に再生されるのである。

【 0 1 1 2 】

本実施の形態における光ディスク装置においては、上述したように、従来より

も高い光出力で動作する半導体レーザ装置 8 2 を用いている。そのために、光ディスク 8 1 の回転数を従来よりも高速化しても、データの読み書きを行うことが可能である。したがって、従来、特に C D - R , C D - R W 等への書き込み時に問題となっていた光ディスクへのアクセス時間を格段に短くすることができ、より快適な操作を実現した光ディスク装置を提供することが可能になるのである。

【 0 1 1 3 】

尚、本実施の形態においては、上記各実施の形態における半導体レーザ装置を記録再生型の光ディスク装置に適用した例について説明した。しかしながら、この発明はこれに限定される物ではなく、波長 7 8 0 nm 帯の半導体レーザ装置を発光装置として用いる光ディスク記録装置や光ディスク再生装置にも適用可能であることは言うまでもない。

【 0 1 1 4 】

また、上記第 1 および第 2 実施の形態においては、井戸層をバリア層で挟んで構成された活性領域を更に A l G a A s ガイド層で挟んだものを用いているが、この発明はこれに限定されるものではない。例えば、バリア層自体の層内部に A l G a A s 層の薄い層を設けた構造を含む活性領域であっても差し支えない。

【 0 1 1 5 】

【発明の効果】

以上より明らかなように、第 1 の発明の発振波長が 7 8 0 nm 帯の半導体レーザ装置は、井戸層よりもバンドギャップエネルギーが大きい $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ でバリア層を構成すると共に、 $0 < x \leq 1$, $0.2 < y < 0.75$ の関係が成立するようにしたので、従来の場合の InGaP バリア層に比べ、GaAs 基板に対する E_v の差 $|\Delta E_{v0}|$ を小さく設定できる。したがって、ガイド層からの井戸層へのホールの注入の効率が大幅に改善される。

【 0 1 1 6 】

さらに、上記井戸層の格子定数を a_1 とする一方、上記バリア層の格子定数を a_2 とした場合、 $|(a_2 - a_1)/a_1| \times 100 > 0.65$ の関係が成立するようにしたので、上記バリア層と井戸層のコンダクションバンドエネルギーの差 ΔE_c を、0.12 eV 程度以上に設定できる。この 0.12 eV 程度とは、AlGaAs 系

半導体レーザの量子井戸構造において、バリア層としてIII族のAl組成を0.27程度のAlGaAsを用いた場合の、バリア層と井戸層との ΔE_c に相当する。したがって、上記井戸層から電子がオーバーフローすることを抑制できる。

【0117】

すなわち、この発明によれば、InGaPバリア層を用いた半導体レーザ装置における特性不良の原因を解消することができ、従来は、 E_g が小さいため効果が得られないと考えられていたGaAsPあるいはInGaAsPを用いた780nm帯の半導体レーザ装置について、閾値電流の低減、微分効率の向上および温度特性の向上等、著しい特性の向上を図ることができるのである。

【0118】

また、1実施例の半導体レーザ装置は、上記井戸層のGaAs基板に対する歪を圧縮歪としたので、上記バリア層の格子定数をGaAs基板の格子定数より小さい引張歪に設定した場合にも、活性領域全体としての平均的な歪量を抑制することができる。したがって、結晶内の欠陥の量を減らして信頼性の向上を図ることができる。上記活性領域全体としての臨界膜厚が増大するため上記バリア層の層厚を厚くすることができる。また、上記井戸層は圧縮歪であるため、偏光モードをTEモードにできる。

【0119】

また、1実施例の半導体レーザ装置は、上記井戸層およびバリア層に、活性な物質であるために酸素等の微量の不純物とも反応するAl元素を含んでいないので高温、高出力時においても高い信頼性を得ることができる。

【0120】

また、1実施例の半導体レーザ装置は、上記井戸層をInGaAsPで構成したので、AlGaAsを井戸層とした場合に比較して、井戸層とバリア層の $|\Delta E_c|$ をより大きくし $|\Delta E_v|$ をより小さくできる。したがって、井戸層とバリア層との $|\Delta E_c|$ を大きくして電子のオーバーフローを抑制して、更なる低閾値電流化、高微分効率化、高温度特性化を図ることができる。

【0121】

また、1実施例の半導体レーザ装置は、上記バリア層のうちの何れかあるいは

総てを、上記井戸層側とは反対側の面においてAlGaAs層に接触させているので、上記コンダクションバンド側において、上記AlGaAs層との間に大きなバリアを形成できる。したがって、上記AlGaAs層を井戸層側とは反対側に位置させることによって、電子の一部が上記AlGaAs層へオーバーフローすることを抑制できる。すなわち、上記井戸層への電子の閉じ込め効果を更に増加でき、特性を更に向上することができる。

【 0 1 2 2 】

また、1実施例の半導体レーザ装置は、上記AlGaAs層に接触しているバリア層を上記活性領域における最外に位置させたので、電子の一部が活性領域外にまでオーバーフローすることを抑制でき、上記電子の閉じ込め効果をより効果的に増加できる。

【 0 1 2 3 】

また、1実施例の半導体レーザ装置は、上記AlGaAs層に接触しているバリア層の層厚を4nmよりも大きくしたので、上記AlGaAs層におけるAlの影響を大幅に抑制して、高温、高出力時においても高い信頼性を得ることができる。

【 0 1 2 4 】

また、1実施例の半導体レーザ装置は、上記バリア層のIII族元素中におけるGaの組成比を表す上記xの値を1より小さくしたので、InGaAsPバリア層のIn元素によって転位の増殖を抑えて、更に高い信頼性を得ることができる。

【 0 1 2 5 】

また、1実施例の半導体レーザ装置は、上記活性領域とクラッド層との間に、AlGaAsで構成されたガイド層を備えたので、上記コンダクションバンド側において、上記活性領域とAlGaAsガイド層との間に大きなバリアを形成することができる。したがって、上記活性領域外であるガイド層まで電子がオーバーフローするのを抑制できる。その結果、InGaAsPガイド層を用いた場合に比べて、閾値電流及び特性温度に対し顕著な向上を図ることができる。さらに、GaAs基板に対する格子整合を図ることもできる。

【 0 1 2 6 】

また、1実施例の半導体レーザ装置は、上記クラッド層をAlGaAsで構成し

たので、バリア層あるいはガイド層からの電子のオーバーフローを防止することができる。また、AlGaAsはIII族組成の揺らぎが発生してもGaAs基板への格子整合性が維持されることから、1 μm 以上の厚さを有する上記クラッド層全体が確実に上記GaAs基板に対する格子整合を図ることができる。

【0127】

また、1実施例の半導体レーザ装置は、上記活性領域とクラッド層との間にはInGaPまたはInGaAsPで構成されたガイド層を有しているが、上記コンダクションバンド側においては、上記第1の発明におけるInGaAsPバリア層が井戸層とバリア層との間のバリアとして機能している。したがって、上記バリア層の層厚を最適に選ぶことによって、電子を上記井戸層内に十分に溜めることができ、良好な素子特性を得ることができる。

【0128】

さらに、 $|\Delta E_{v0}|$ が上記ガイド層であるInGaPまたはInGaAsPよりも大きいAlGaInPまたはInGaPを上記クラッド層として用いるので、上記クラッド層の $|\Delta E_{v0}|$ をガイド層よりも大きくして、上記井戸層へのホールの注入を問題なく行うことができる。

【0129】

さらに、上記井戸層およびバリア層は元より、上記活性領域外のガイド層にもAlを含まないようにして、高温、高出力動作時において更に高い信頼性を得ることができる。

【0130】

また、1実施例の半導体レーザ装置は、上記 y の値を0.25よりも大きくしたので、上記バリア層の $|\Delta E_{v0}|$ を上記井戸層の $|\Delta E_{v0}|$ よりも確実に大きくすることで、注入されたホールが上記井戸層により確実に閉じ込めることができる。

【0131】

また、1実施例の半導体レーザ装置は、上記 y の値を0.6よりも小さくしたので、上記バリア層の $|\Delta E_{v0}|$ をより確実に小さくして、上記ガイド層からのバリア層へのホールの注入をより確実に行うことができる。

【 0 1 3 2 】

また、第 2 の発明の光ディスク装置は、従来よりも高い光出力で安定に動作する上記第 1 の発明の半導体レーザ装置を発光装置として用いたので、光ディスクの回転数を従来よりも高速にしてもデータの読み書きを行うことができる。特に CD - R , CD - RW 等への書き込み時に問題となっていた光ディスクへのアクセス時間を、格段に短くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 この発明の半導体レーザ装置における構成を示す図である。

【図 2】 図 1 に示す半導体レーザ装置および比較用の半導体レーザ装置における活性領域近傍のエネルギーバンドを示す図である。

【図 3】 図 1 における GaAs 基板, InGaAsP 井戸層および GaAsP バリア層のエネルギーバンドの関係を示す図である。

【図 4】 InGaAsP の等 E_g 線図である。

【図 5】 InGaAsP の等 E_c 線図である。

【図 6】 InGaAsP の等 E_v 線図である。

【図 7】 InGaAsP の等格子定数線図である。

【図 8】 図 1 とは異なる半導体レーザ装置における構成を示す図である。

【図 9】 図 8 に示す半導体レーザ装置における活性領域近傍のエネルギーバンドを示す図である。

【図 1 0】 図 1 および図 8 とは異なる半導体レーザ装置における構成を示す図である。

【図 1 1】 図 1 0 に示す半導体レーザ装置における活性領域近傍のエネルギーバンドを示す図である。

【図 1 2】 この発明の光ディスク装置の構成図である。

【図 1 3】 井戸層/バリア層に Al が入っていない従来の InGaAsP 量子井戸半導体レーザ装置の構造を示す図である。

【図 1 4】 図 1 3 に示す半導体レーザ装置における活性領域近傍のエネルギーバンドギャップ (E_g) を示す図である。

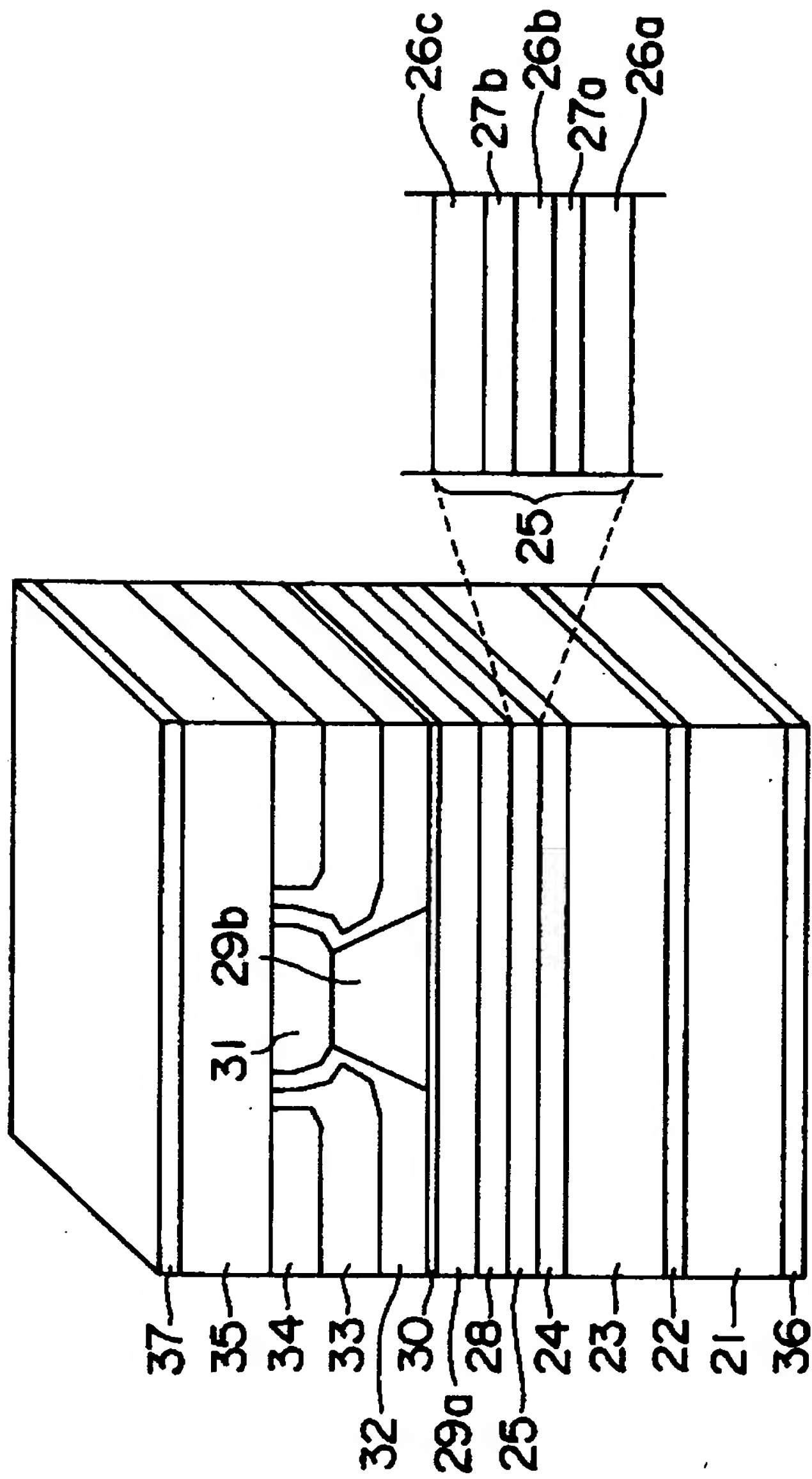
【符号の説明】

2 1 , 4 1 , 6 1 … GaAs基板、
2 2 , 4 2 , 6 2 … GaAsバッファ層、
2 3 … AlGaAs下部クラッド層、
2 4 , 4 4 … AlGaAs下部ガイド層、
2 5 , 4 5 , 6 5 … 活性領域、
2 6 , 6 6 … GaAsP バリア層、
2 7 , 4 7 , 6 7 … InGaAsP 井戸層、 2 8 , 4 8 … AlGaAs上部ガイド層、
2 9 a , 4 9 a … AlGaAs上部第 1 クラッド層、
2 9 b , 4 9 b … AlGaAs上部第 2 クラッド層、
3 0 , 5 0 , 7 0 … GaAsエッチングストップ層、
3 1 , 5 1 , 7 1 … GaAs保護層、
3 2 , 5 2 … AlGaAs第 1 電流ブロック層、
3 3 , 5 3 … GaAs第 2 電流ブロック層、
3 4 , 5 4 … GaAs埋込み保護層、
3 5 , 5 5 … GaAsキャップ層、
3 6 , 5 6 , 7 3 … n 側電極、
3 7 , 5 7 , 7 4 … p 側電極、
4 3 a … AlGaAs下部第 2 クラッド層、
4 3 b … AlGaAs下部第 1 クラッド層、
4 6 … InGaAsP バリア層、
6 3 … AlGaInP 下部クラッド層、
6 4 … GaInP 下部ガイド層、
6 8 … GaInP 上部ガイド層、
6 9 a … AlGaInP 上部第 1 クラッド層、
6 9 b … AlGaInP 上部第 2 クラッド層、
7 2 … SiN_x電流ブロック層、
8 1 … 光ディスク、
8 2 … 半導体レーザ装置、
8 3 … コリメートレンズ、

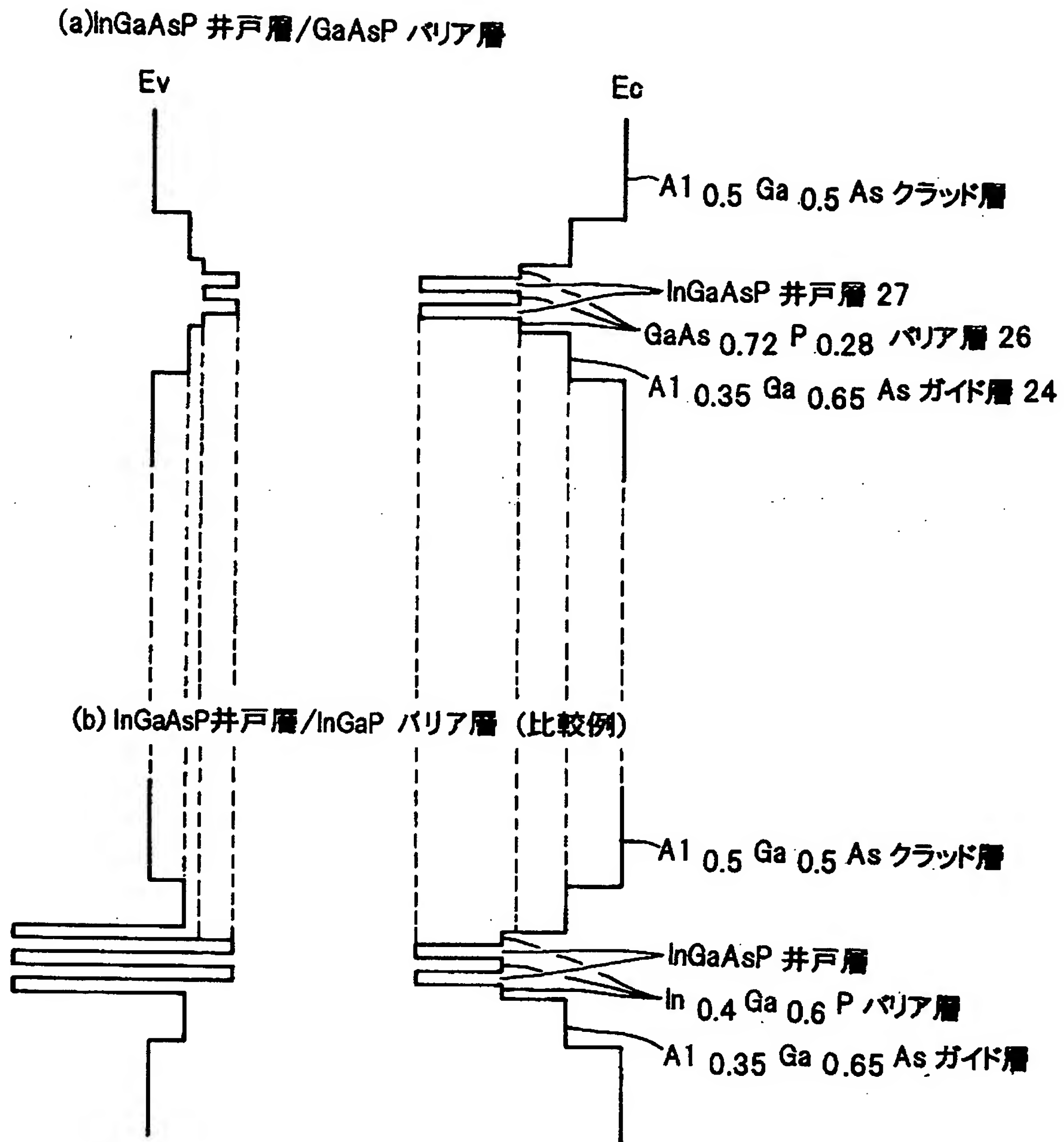
- 8 4 … ビームスプリッタ、
- 8 5 … $\lambda / 4$ 偏光板、
- 8 6 … レーザ光照射用対物レンズ、
- 8 7 … 再生光用対物レンズ、
- 8 8 … 信号検出用受光素子、
- 8 9 … 信号光再生回路。

【書類名】 図面

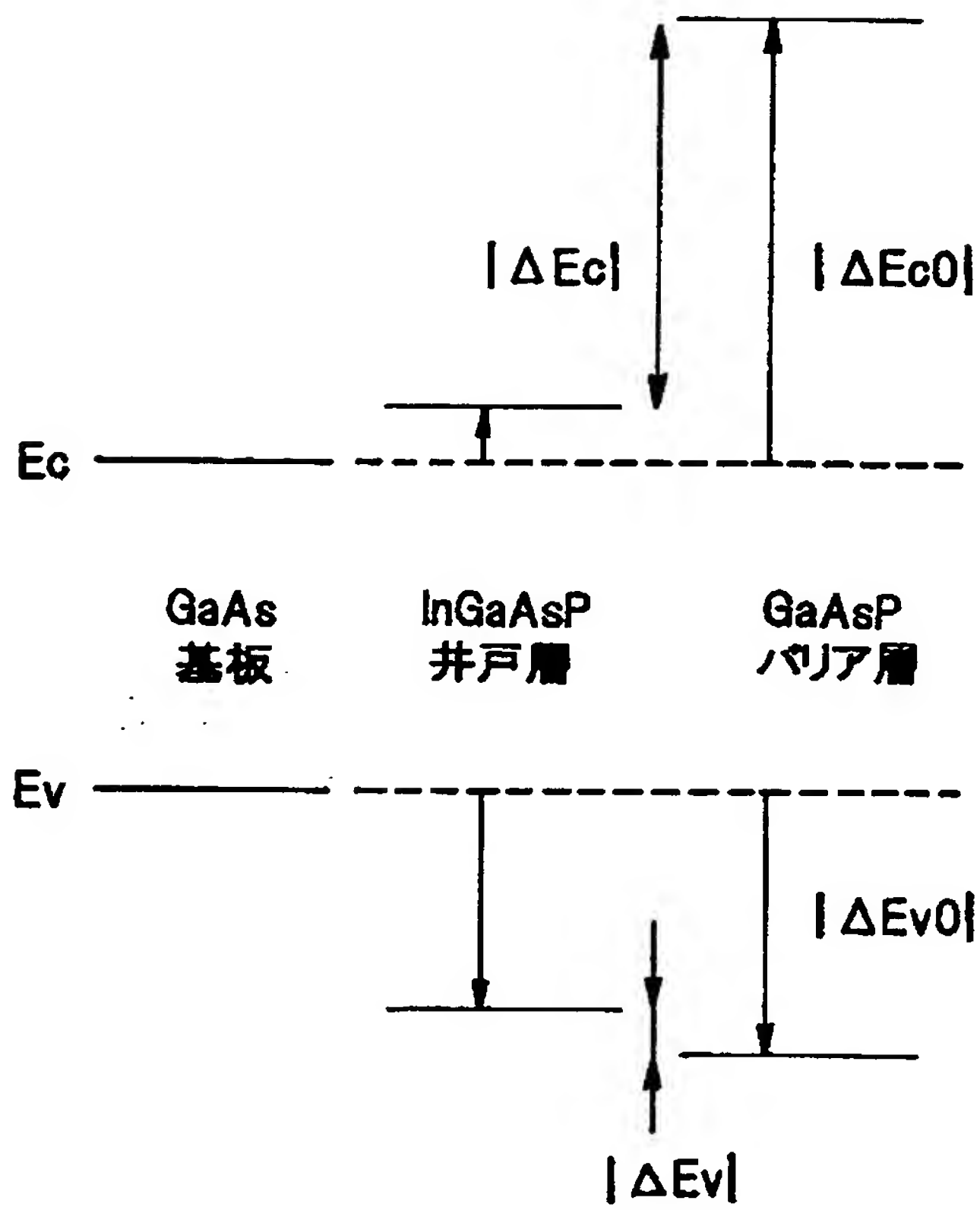
【図 1】



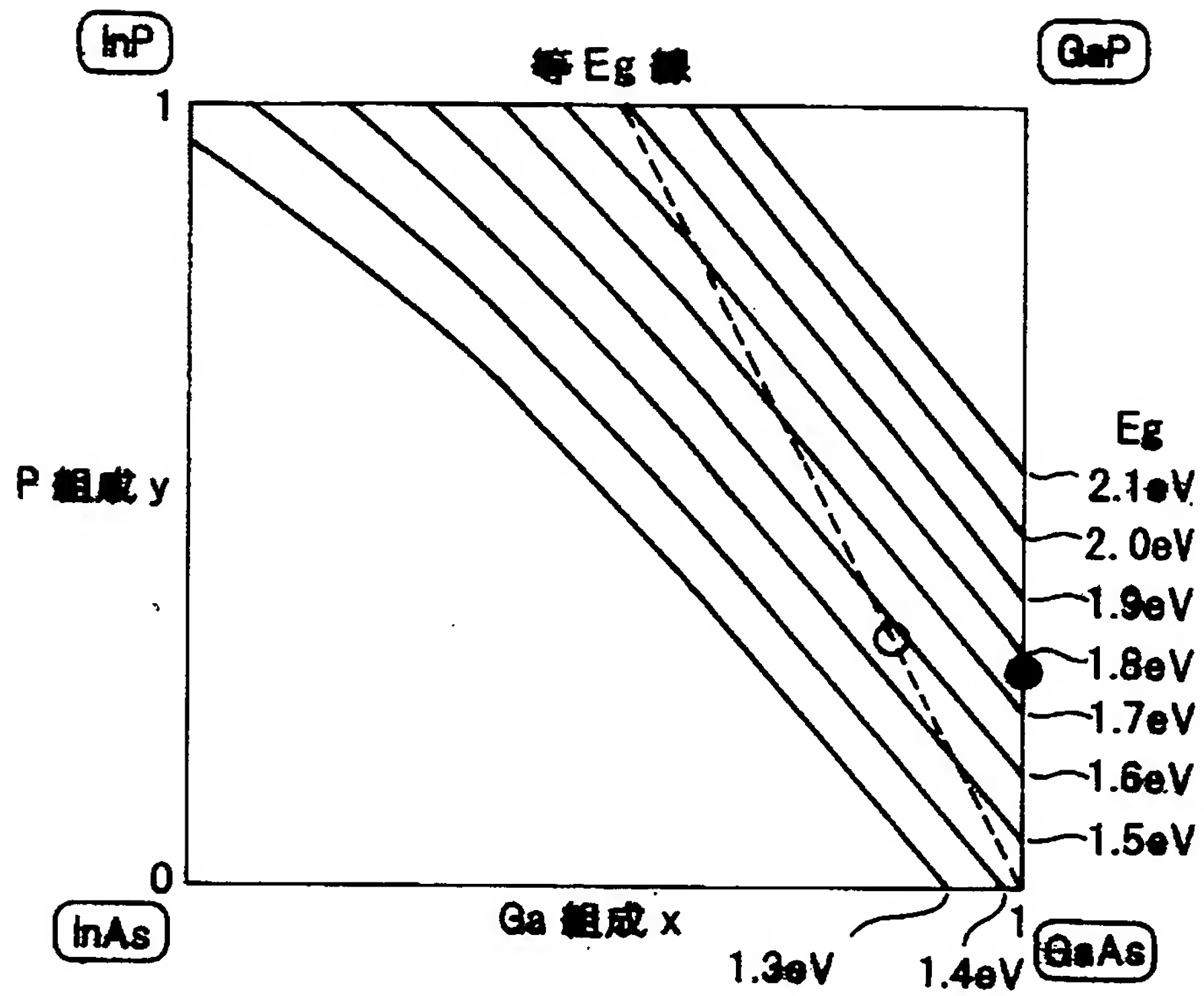
【図 2】



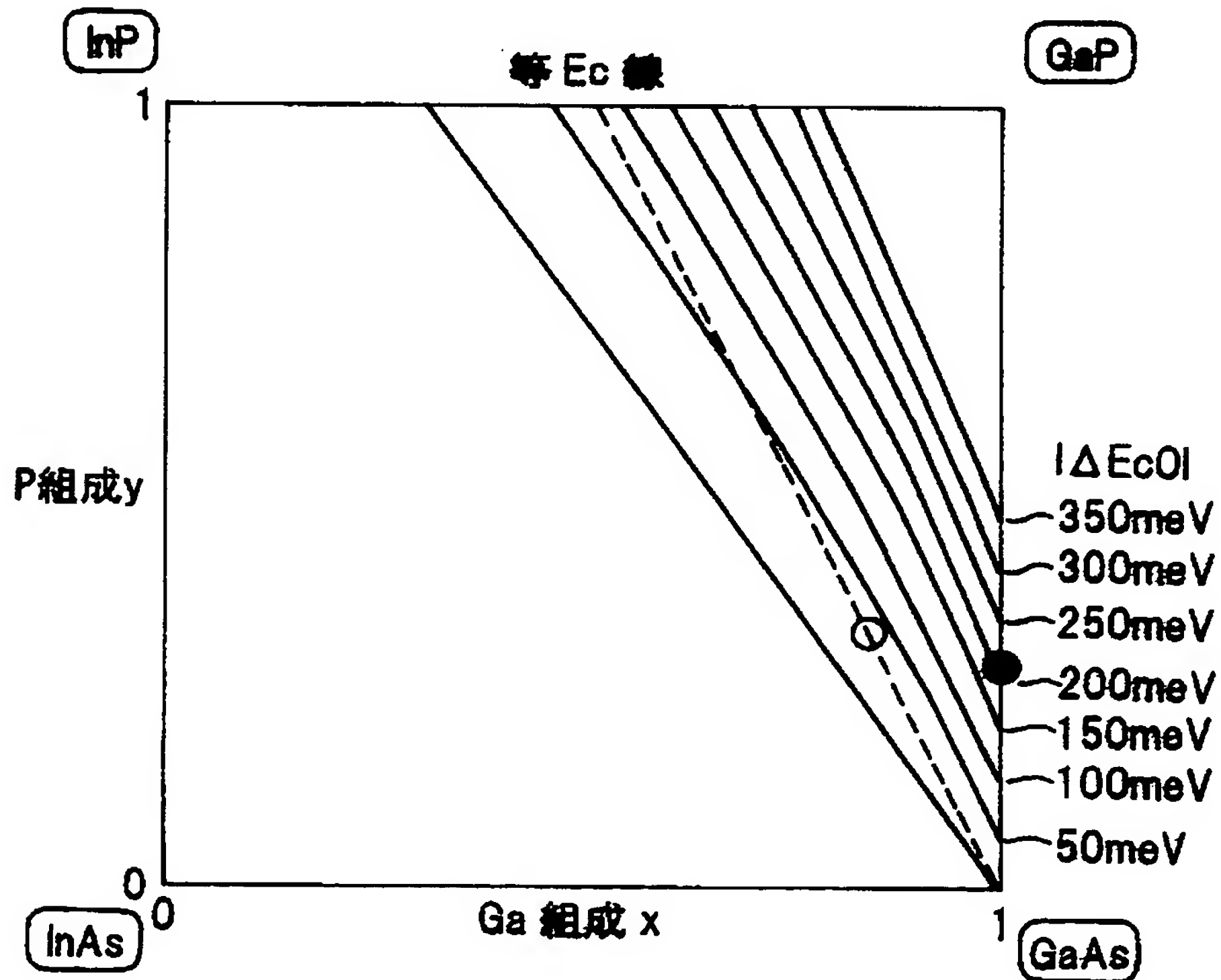
【図 3】



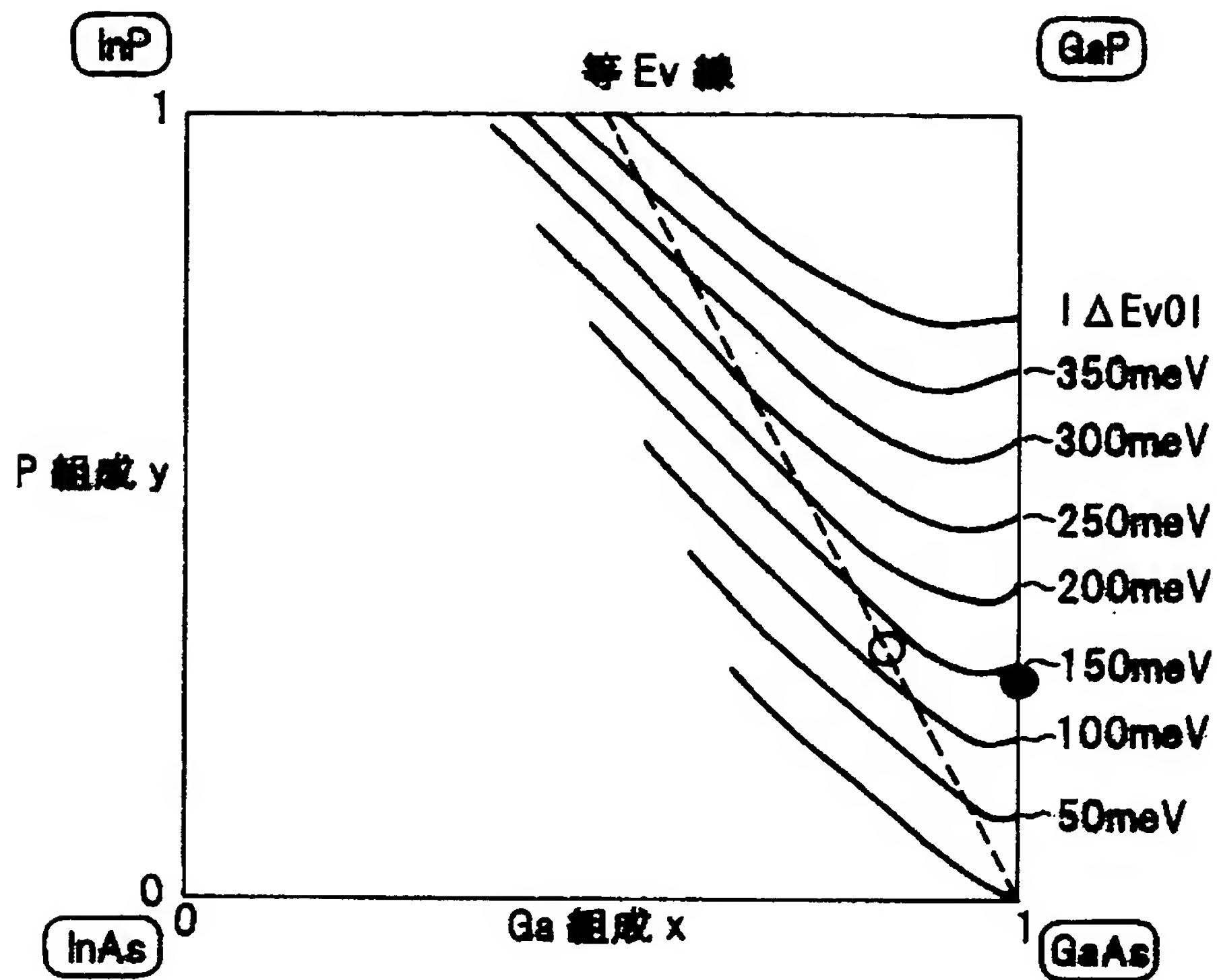
【図 4】



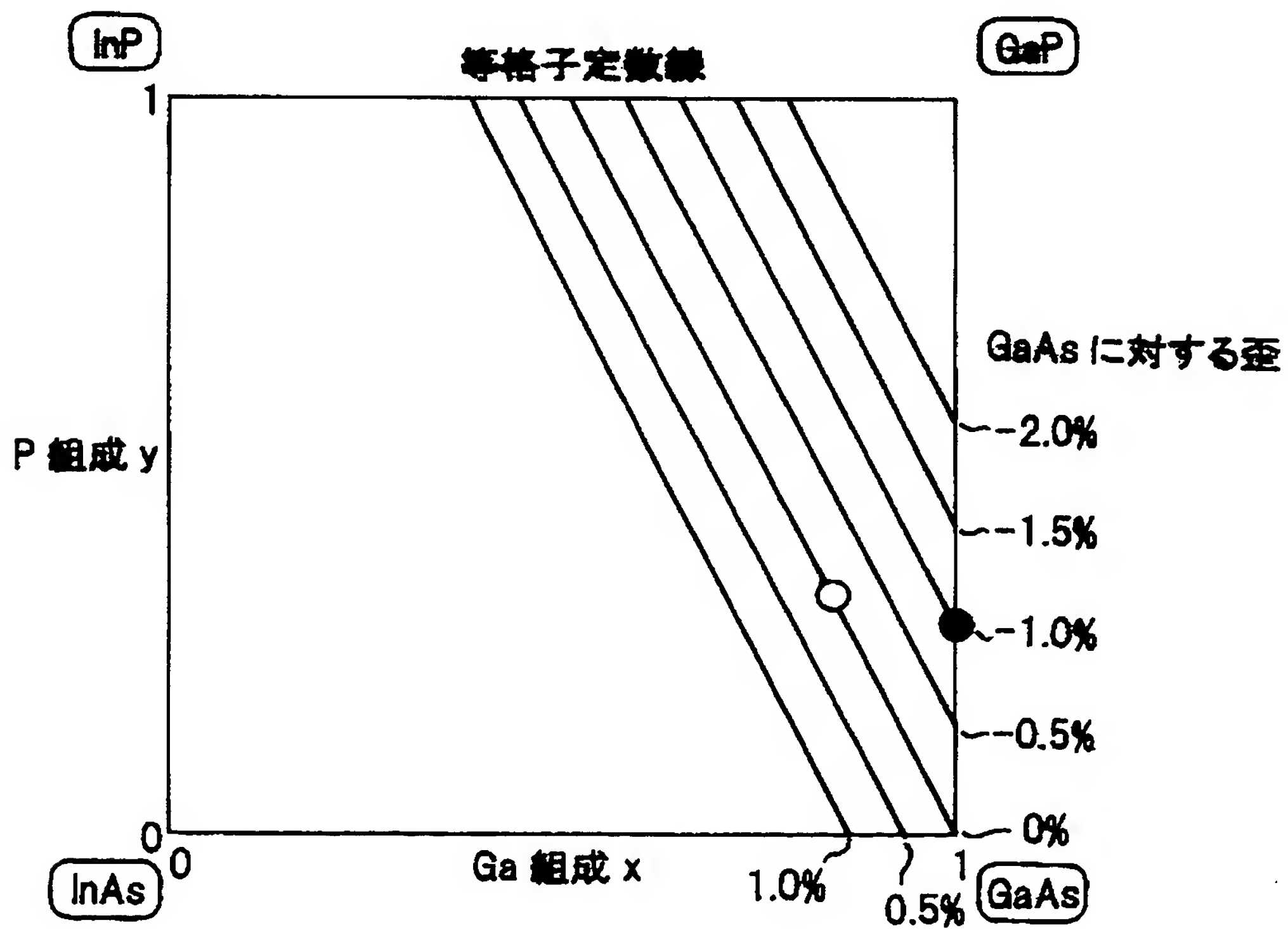
【図 5】



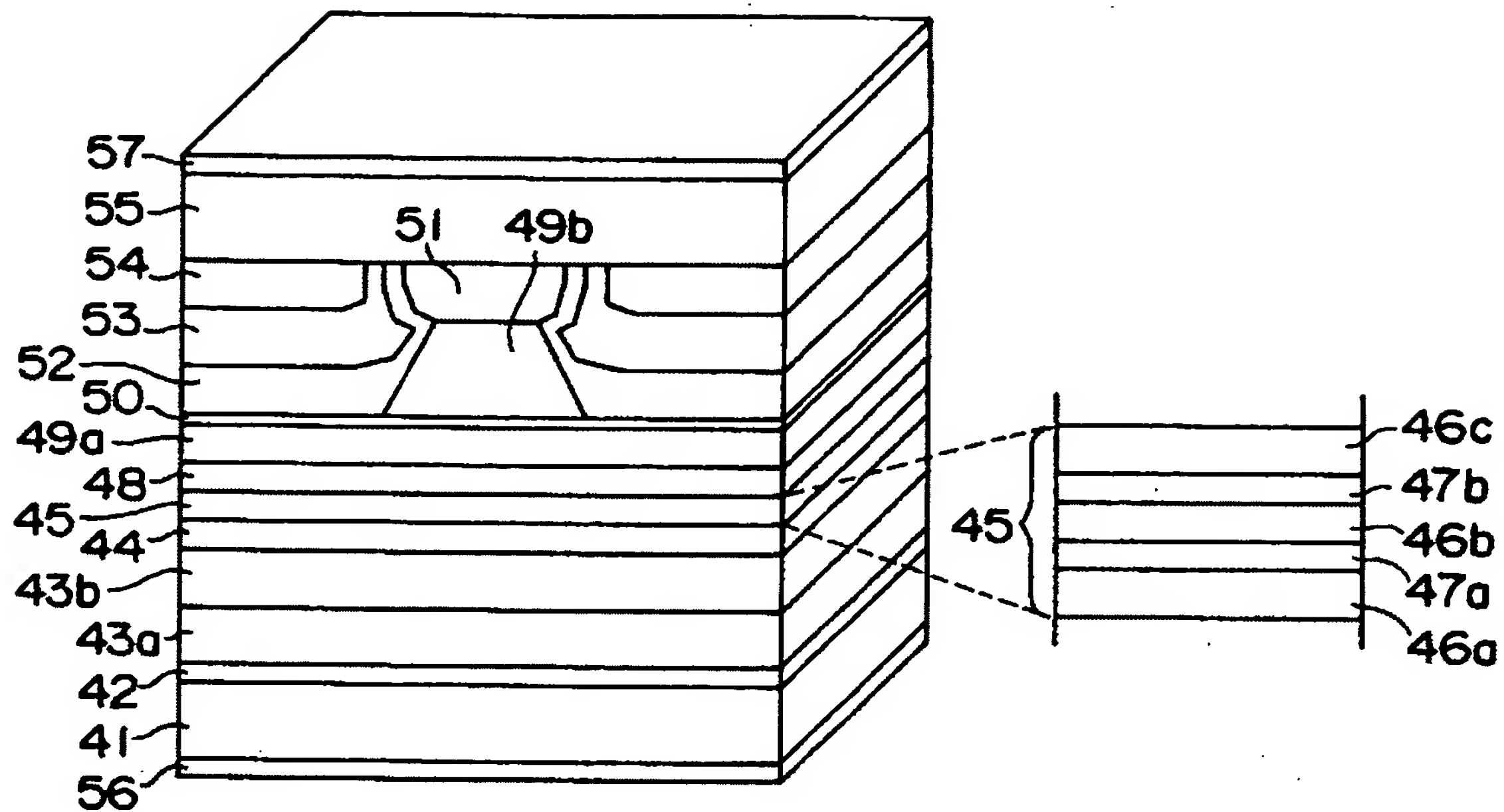
【図 6】



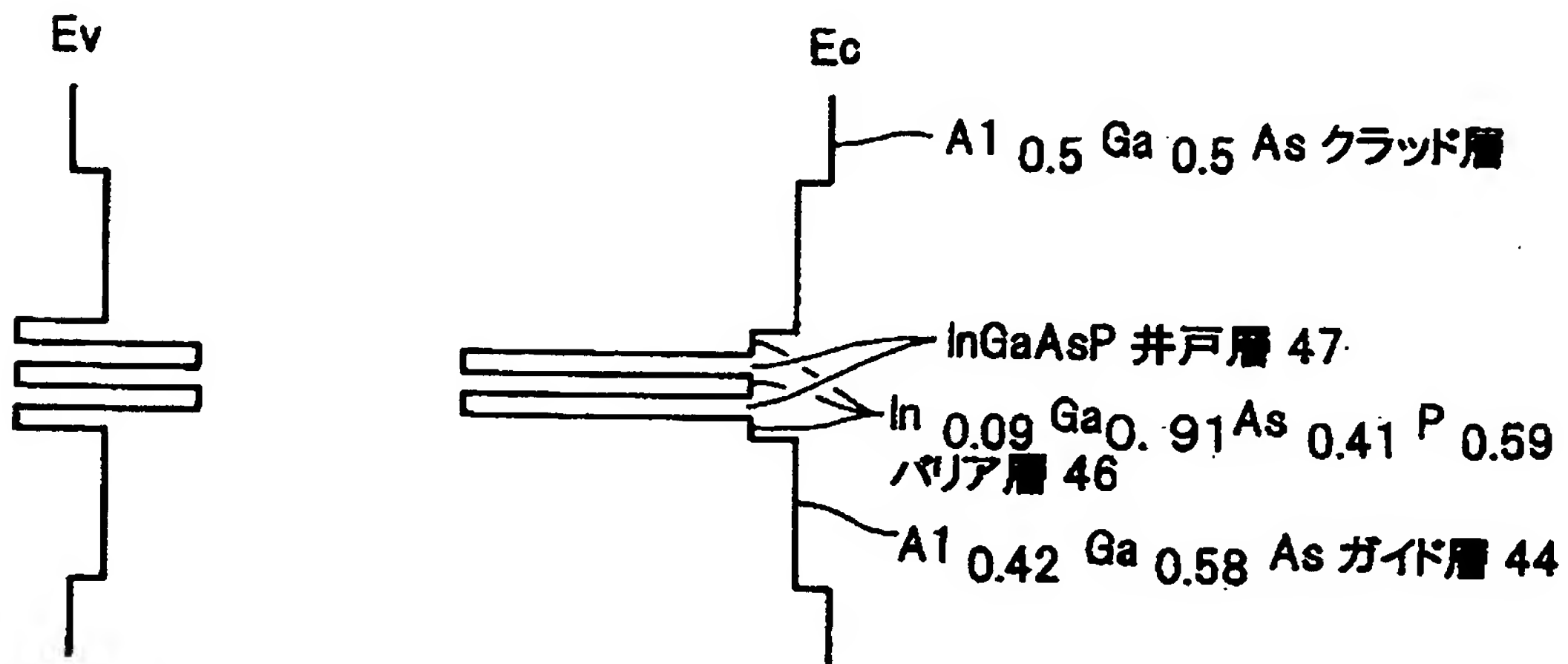
【図 7】



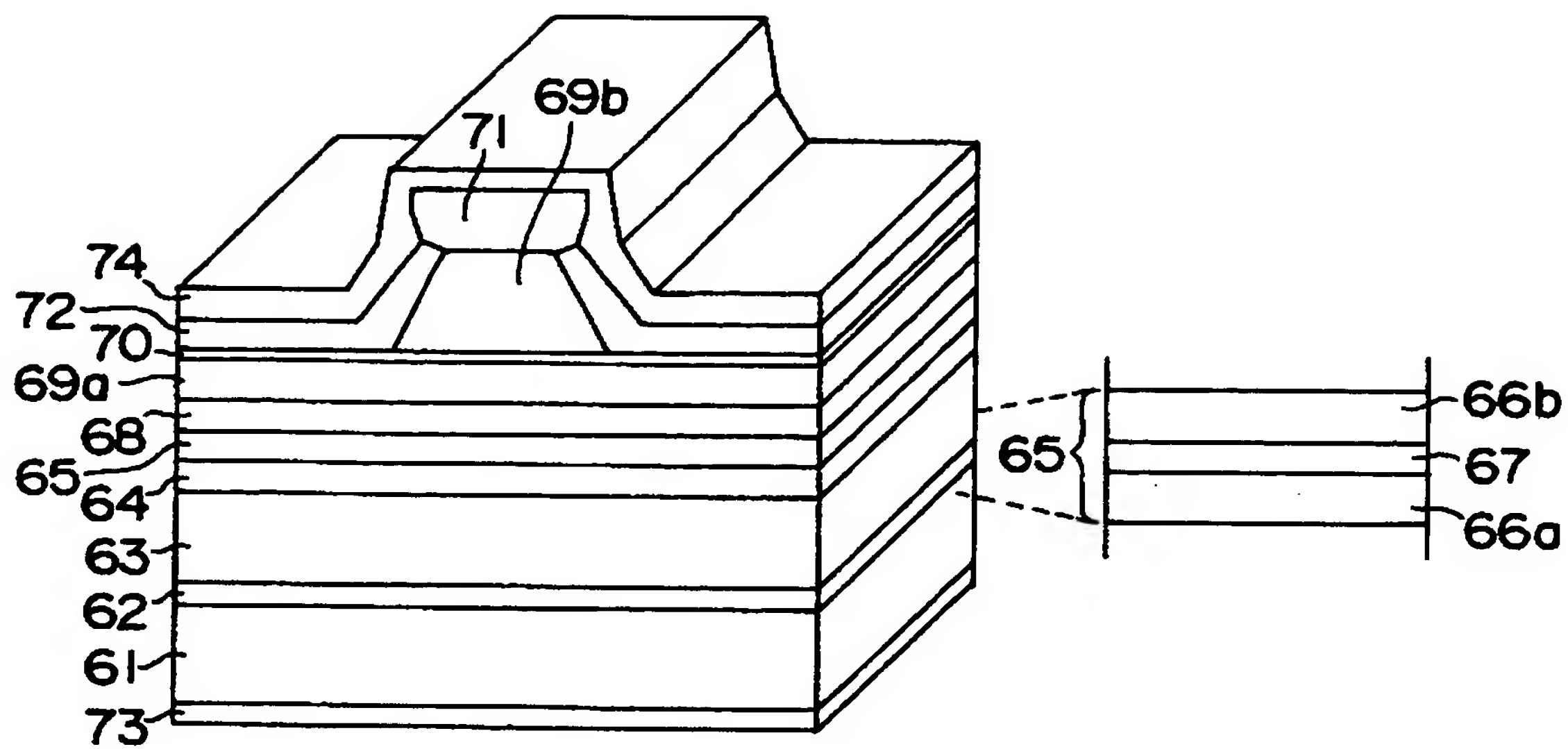
【図 8】



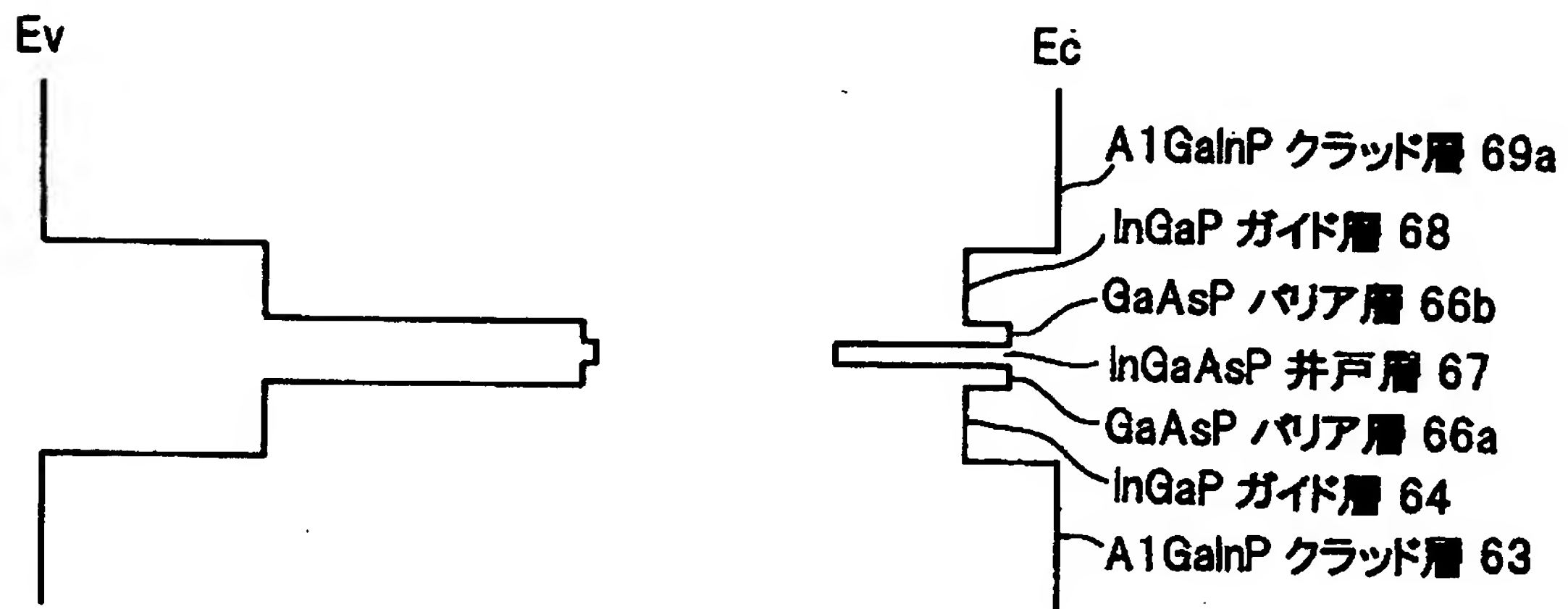
【図 9】



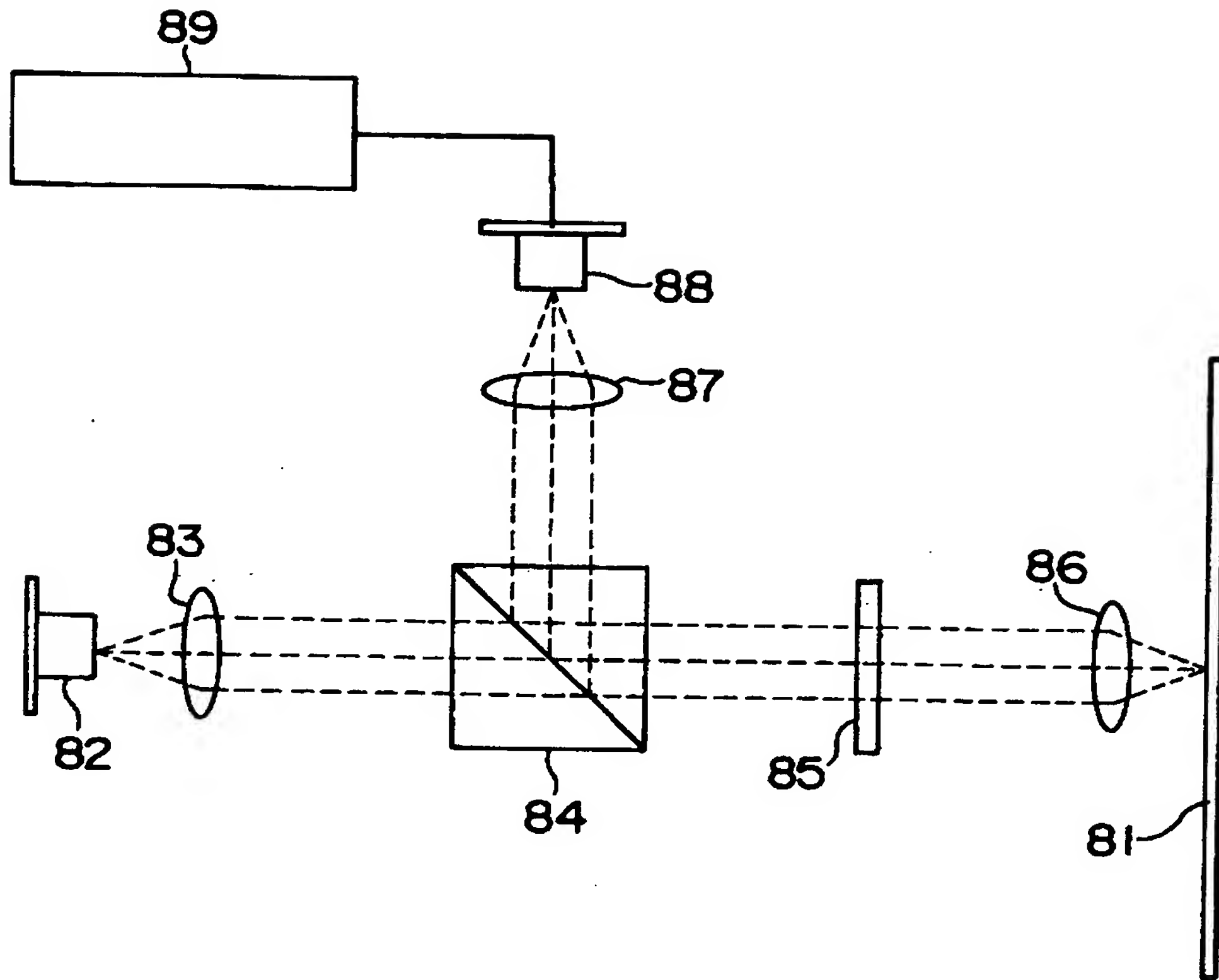
【図 10】



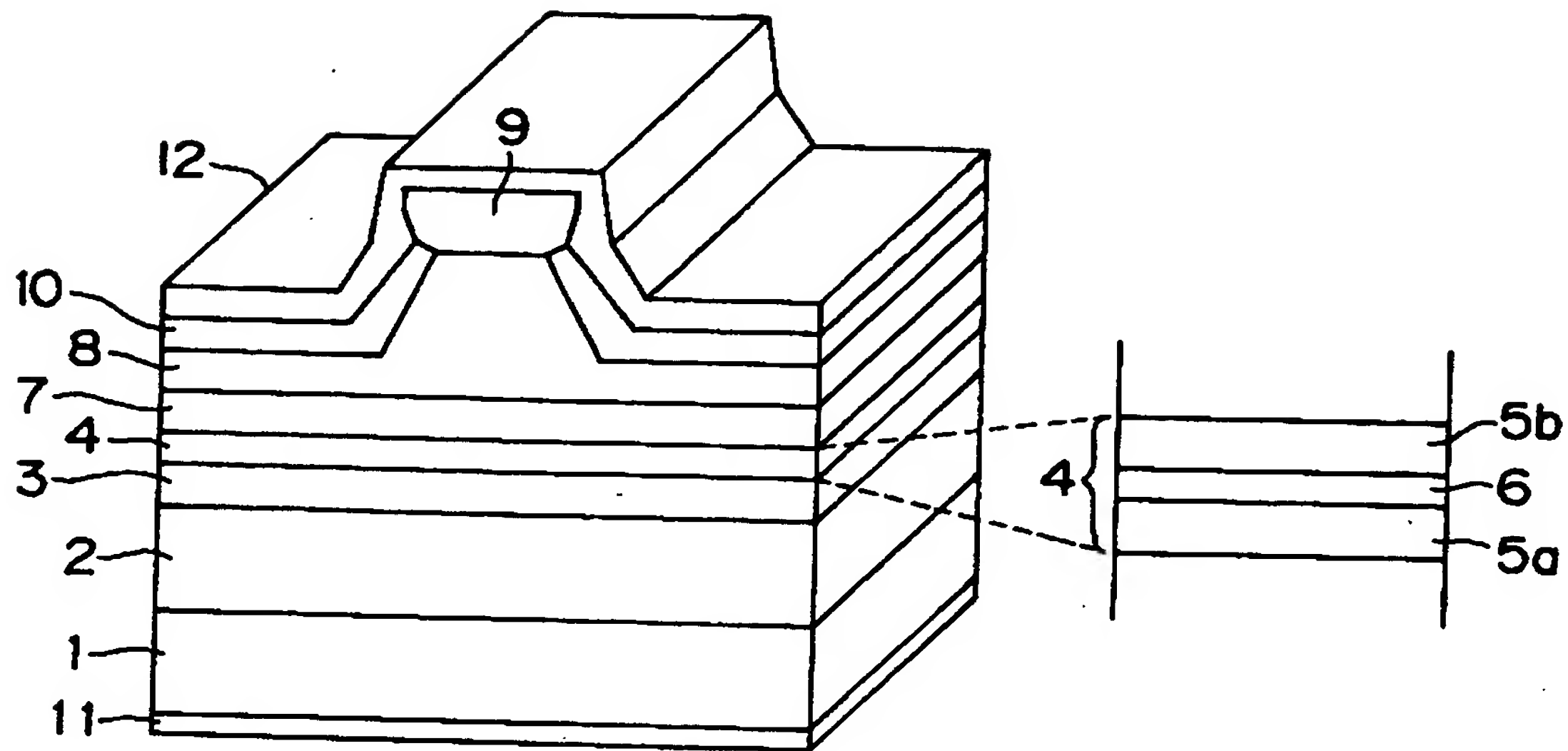
【図 11】



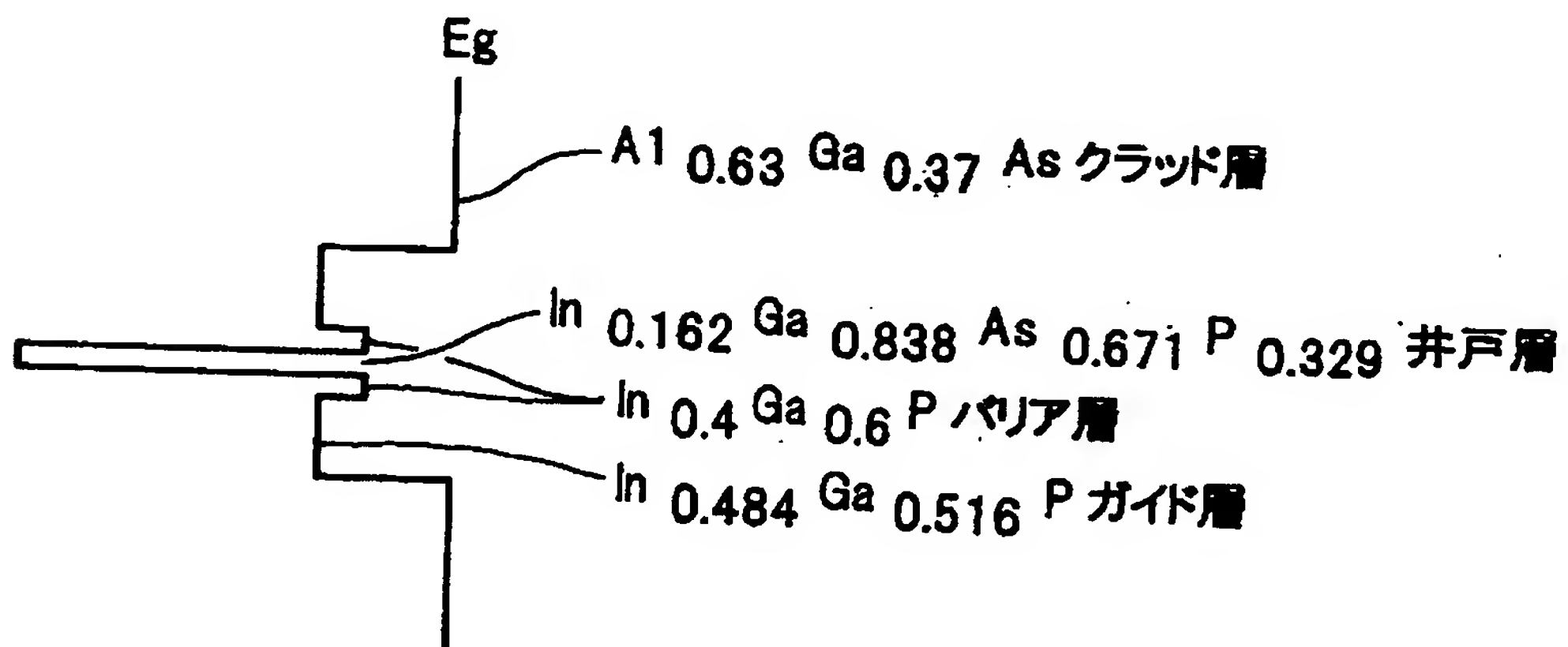
【図 12】



【図 1 3】



【図 1 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 Alフリーで且つ ΔE_g の大きさに因らずに特性を向上させる。

【解決手段】 活性領域をDQW構造とし、P組成が0.2よりも大きく且つ0.75よりも小さく、井戸層の歪量(=基板の歪量)との差が -0.65% よりも大きいGaAsPあるいはInGaAsPでバリア層を構成し、GaAs基板と格子整合したInGaAsPで井戸層を構成する。従来の場合のInGaPバリア層に比べ、GaAs基板に対する E_v の差 $|\Delta E_{v0}|$ を小さく設定できる。したがって、ガイド層からの井戸層へのホールの注入の効率が大幅に改善される。さらに、バリア層と井戸層との間の ΔE_c を 0.12 eV 以上に設定でき、井戸層からの電子のオーバーフローを抑制できる。こうして、井戸層とバリア層との ΔE_g は小さいにも拘わらず、InGaPバリア層に比較して素子特性を著しく向上できる。

【選択図】 図2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005049]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市阿倍野区长池町22番22号

氏 名 シャープ株式会社